

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE REFORÇO AO CISALHAMENTO
EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO-SE POLÍMERO
REFORÇADO COM FIBRAS DE CARBONO (PRFC)**

NARA VILLANOVA MENON

Florianópolis, julho de 2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE REFORÇO AO CISALHAMENTO
EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO-SE POLÍMERO
REFORÇADO COM FIBRAS DE CARBONO (PRFC)**

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas.

Orientador: Prof. Ivo José Padaratz, Ph.D.

NARA VILLANOVA MENON

Florianópolis, 11 de Julho de 2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M547e Menon, Nara Villanova
Estudo experimental de sistemas de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado utilizando-se polímero reformado com fibras de carbono (PRFC) / Nara Villanova Menon. -- Florianópolis : [s.n.], 2008.
295 f. : il. color.

Orientador : Prof. Ph.D. Ivo José Padaratz.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, área de concentração Estruturas, 2008.

1. Concreto armado - PRFC - Reforço estrutural. 2. Concreto armado - CFRP - Reforço estrutural. 3. Concreto armado - PRFC - Vigas. 4. Concreto armado - CFRP - Cisalhamento. I. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, área de concentração Estruturas. II. Título

CDD 21.ed.624.1892

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE REFORÇO AO CISALHAMENTO
EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO-SE POLÍMERO
REFORÇADO COM FIBRAS DE CARBONO (PRFC)**

NARA VILLANOVA MENON

Tese julgada adequada para obtenção do Título de DOUTOR em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Glicério Trichês, Dr. – Coordenador do **PPGEC - UFSC**

Prof. Ivo José Padaratz, Ph.D. – Orientador / Moderador – **UFSC/ECV**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bento de Hanai. – **EESC - USP**

Prof. Dr. Américo Campos Filho. – **UFRGS**

Prof^a Henriette Lebre La Rovere, Ph.D. – **UFSC/ECV**

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, Ph. D. – **UFSC/ECV**

*Aos meus pais Robinson e Mitzy;
À minha irmã, Liliane;
À minha sobrinha Giuliana;
Ao meu filho Guilherme;*

AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre me iluminou e me guiou pelos melhores caminhos.

Aos meus pais pelo constante estímulo e pela dedicação persistente ao longo da minha vida.

À minha irmã Liliane pela amizade, carinho, incentivos irrestritos e auxílio nas horas mais difíceis.

Ao meu orientador professor Ivo José Padaratz pelos ensinamentos, rigor científico, revisão crítica, disponibilidade permanente e ajuda fundamental na condução desta tese.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC pelos ensinamentos fundamentais na minha formação.

Ao professor Germán Gutiérrez Martín da UNICAN (Universidad de Cantabria, Espanha) pelos importantes ensinamentos e ajuda na condução dos ensaios experimentais, cessão dos seus equipamentos, dedicação e sugestões indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos professores Henriette Lebre La Rovere, João Bento de Hanai e Roberto Caldas de Andrade Pinto, pelas valiosas sugestões e contribuições durante o exame de qualificação.

À SIKA S.A., pelo fornecimento de material para a realização do programa experimental.

Ao Engenheiro Danilo de Oliveira Supervisor de Projetos e de Suporte Técnico da SIKA pelo apoio técnico e disponibilidade.

Aos professores e funcionários do Laboratório de Materiais de Construção da UEM pelos inestimáveis serviços prestados na execução dos ensaios.

À Marinea Vieira pela presteza nos assuntos acadêmicos da Pós-Graduação da UFSC.

Aos secretários do Departamento de Engenharia de Civil da UEM Neusi Oliveira Gusmão e Juarez Antônio dos Santos pelo apoio e serviços prestados.

Aos acadêmicos do curso de Engenharia Civil da UEM agora engenheiros, Brian Randal Brümmer e Luiz Felipe Egoroff de Holanda pela dedicada colaboração nos ensaios experimentais.

Ao Eng. Rodrigo Mazia Enami pelo incentivo e auxílio na parte gráfica.

À Dra. Amélia Cristina Seidel pelas contribuições na revisão de texto e formatação.

Aos professores da Universidade Estadual de Maringá Antonio Carlos Peralta, Rafael Alves de Souza e João Dirceu Nogueira Carvalho pelas valiosas contribuições.

Aos professores e colegas da Universidade Estadual de Maringá, instituição da qual fui aluna e atualmente sou professora, pelo apoio e incentivo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE TABELAS | xi |
| LISTA DE FIGURAS | xiii |
| NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA | xix |
| RESUMO | xxiv |
| ABSTRACT | xxv |
| GLOSSÁRIO DOS TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS | xxvi |
| | |
| CAPÍTULO 1 | |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. JUSTIFICATIVA | 5 |
| 1.2. OBJETIVOS | 8 |
| 1.2.2. Geral | 8 |
| 1.2.2. Específicos | 8 |
| 1.3. ESTRUTURA DA TESE | 9 |
| | |
| CAPÍTULO 2 | |
| COMPÓSITOS DE PRF | 11 |
| 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 11 |
| 2.2. UTILIZAÇÃO DE COMPÓSITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 13 |
| 2.3. DEFINIÇÃO | 17 |
| 2.4. ARQUITETURA DOS COMPÓSITOS | 19 |
| 2.4.1. Componentes constituintes de um material composto avançado | 21 |
| 2.4.1.1. Fibras | 21 |
| 2.4.1.2. Matrizes | 24 |
| 2.4.1.3. Adesivo | 26 |
| 2.4.2. Escolha dos compósitos | 27 |
| 2.4.3. Sistemas de reforço | 27 |
| 2.4.3.1. Propriedades físicas..... | 29 |
| 2.4.3.2. Propriedades mecânicas | 31 |
| 2.4.3.3. Fatores condicionantes das propriedades | 33 |
| 2.5. UTILIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE PRFC COMO REFORÇO AO CISALHAMENTO | 36 |
| 2.5.1. Sistema de configurações de colagem | 36 |
| | |
| CAPÍTULO 3 | |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 41 |
| 3.1. TRABALHOS INTERNACIONAIS | 41 |
| 3.1.1. Norris <i>et al.</i> (1997) | 41 |
| 3.1.2. Malek e Saadatmanesh (1998) | 43 |
| 3.1.3. Triantafillou (1998) | 43 |
| 3.1.4. Grace <i>et al.</i> (1999) | 45 |
| 3.1.5. Kachlakev e McCurry (2000) | 46 |
| 3.1.6. Kanabuko <i>et al.</i> (2001) | 47 |
| 3.1.7. Teng <i>at al.</i> (2001) | 48 |
| 3.1.8. De Lorenzis <i>et al.</i> (2001 e 2002) | 48 |
| 3.1.9. Khalifa e Nanni (1998, 1999, 2000 e 2002) | 50 |
| 3.1.10. Carolin e Täljesten (2001 e 2003) | 52 |

| | |
|---|-----|
| 3.1.11. Czardeski <i>et al.</i> (2003) | 54 |
| 3.1.12. Täljesten (2003), Täljesten e Elfgren (2000) | 56 |
| 3.1.13. Adhikary <i>et al.</i> (2004) | 57 |
| 3.1.14. Dias e Barros (2003 e 2005) | 58 |
| 3.1.15. Oehlers <i>et al.</i> (2005) | 63 |
| 3.1.16. Sim <i>et al.</i> (2005) | 64 |
| 3.1.17. Chaallal <i>et al.</i> (1998, 2005 e 2006) | 66 |
| 3.1.18. Guadagnini <i>et al.</i> (2001 e 2006) | 72 |
| 3.1.19. Monti e Liotta (2006) | 74 |
| 3.1.20. Pellegrino e Modena (2002, 2006) | 77 |
| 3.2. TRABALHOS NACIONAIS | 80 |
| 3.1.1. Pinto (2000) | 80 |
| 3.1.2. Salles Neto (2000) | 80 |
| 3.1.3. Neres (2001) | 83 |
| 3.1.4. Araújo (2002) | 83 |
| 3.1.5. Beber (2003) | 86 |
| 3.1.6. Galvez (2003) | 88 |
| CAPÍTULO 4 | |
| TEORIA PARA REFORÇO AO CISALHAMENTO COM PRFC | 93 |
| 4.1. INTRODUÇÃO | 93 |
| 4.2. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO | 96 |
| 4.2.1. Mecanismos básicos de resistência ao cisalhamento | 97 |
| 4.2.1.1. Influência do efeito <i>tension stiffening</i> | 100 |
| 4.3. TIPOS DE RUPTURA | 100 |
| 4.3.1. Ruptura sem estribo..... | 100 |
| 4.3.2. Ruptura com estribo | 103 |
| 4.4. TEORIAS EXISTENTES SOBRE CISALHAMENTO | 105 |
| 4.4.1. Analogia de treliça..... | 105 |
| 4.4.2. Analogia de treliça e o efeito arco | 106 |
| 4.4.3. Modelos relacionados com a influência do vão de cisalhamento | 107 |
| 4.4.4. Modelo de pente e modelo de arco atirantado para comportamento de colapsos por cisalhamento para $a/d > 2.5$ | 110 |
| 4.4.5. Modelo baseado na teoria do campo de compressão diagonal modificada . | 113 |
| 4.5. CRITÉRIOS DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO AO CISALHAMENTO COM PRFC | 120 |
| 4.5.1. Dimensionamento de reforço ao esforço cortante segundo recomendações do ACI 440 (2003) | 120 |
| 4.5.1.1. Deformação efetiva das lâminas de PRF | 122 |
| 4.5.1.2. Elemento completamente envolvido | 123 |
| 4.5.1.3. Envolvimento em U ou colagem somente nas laterais | 123 |
| 4.5.1.4. Limites do reforço | 125 |
| 4.5.2. Dimensionamento de reforço ao esforço cortante segundo recomendações do bulletin 14 – fib | 125 |
| 4.5.3. Proposta de De Lorenzis | 127 |
| 4.5.4. Proposta de dimensionamento com lâminas de PRFC em forma de L segundo ensaios do EMPA | 132 |
| 4.5.4.1. Análise da seção sem reforço | 135 |
| 4.5.4.2. Capacidade de serviço | 136 |
| 4.5.5. Reforço adicional para forças axiais | 137 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 5 | |
| PROGRAMA EXPERIMENTAL | 139 |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 139 |
| 5.2. DESCRIÇÕES E JUSTIFICATIVAS | 140 |
| 5.3. PREPARO DOS PROTÓTIPOS | 145 |
| 5.3.1. Fôrmas | 145 |
| 5.3.2. Concreto | 145 |
| 5.3.2.1. Moldagem dos corpos de prova | 147 |
| 5.3.2.2. Cura | 150 |
| 5.3.3. Aço | 150 |
| 5.4. SISTEMAS DE REFORÇOS | 152 |
| 5.4.1. Características | 152 |
| 5.4.2. Técnicas de aplicação dos reforços | 153 |
| 5.4.2.1. Sistemas pré-fabricados – laminados | 153 |
| 5.4.2.2. Sistemas pré-fabricados – embutidos | 155 |
| 5.4.2.3. Laminados embutidos no sentido da largura da lâmina | 156 |
| 5.4.2.4. Laminados embutidos com reforço a esforços axiais | 157 |
| 5.4.2.5. Sistemas curados <i>in situ</i> – tecidos | 157 |
| 5.4.3. Dimensionamento preliminar dos reforços | 158 |
| 5.5. ANÁLISE EXPERIMENTAL | 159 |
| 5.5.1. Tipo de ensaio | 159 |
| 5.5.2. Descrição dos ensaios | 160 |
| 5.5.3. Sistema de ensaio | 160 |
| 5.5.3.1. Aplicação e avaliação de carga | 161 |
| 5.5.3.2. Avaliação da flecha | 162 |
| 5.5.3.3. Avaliação das deformações | 162 |
| 5.5.3.4. Compensadores de temperatura | 163 |
| 5.5.4. Ensaio | 165 |
| | |
| CAPÍTULO 6 | |
| RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES | 167 |
| 6.1. INTRODUÇÃO | 167 |
| 6.2. AVALIAÇÃO DAS CARGAS, DESLOCAMENTOS E MODOS DE RUPTURA | 167 |
| 6.2.1. Viga referência | 168 |
| 6.2.2. Vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto | 169 |
| 6.2.3. Vigas reforçadas com laminados embutidos com faixa adicional | 171 |
| 6.2.4. Vigas reforçadas com laminados colados nas laterais | 173 |
| 6.2.5. Vigas reforçadas com laminados em L | 175 |
| 6.2.6. Vigas reforçadas com tiras de tecido de PRFC | 177 |
| 6.3. EFEITO DA QUANTIDADE DE PRFC | 178 |
| 6.4. CONTRIBUIÇÃO DO PRFC NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO | 179 |
| 6.5. DIAGRAMAS CARGA x DESLOCAMENTO | 182 |
| 6.5.1. Viga referência | 182 |
| 6.5.2. Sistema de reforço utilizando laminados inseridos no concreto de recobrimento | 183 |
| 6.5.2.1. Laminados inseridos no sentido da espessura | 183 |
| 6.5.2.2. Laminados inseridos no sentido da largura | 183 |

| | |
|--|------------|
| 6.5.3. Embutidos com faixa adicional | 184 |
| 6.5.4. Laminados – Sika®CarboDur | 185 |
| 6.5.5. Laminados – Sika®CarboShear L | 186 |
| 6.5.6. Tecido – Sikawrap | 186 |
| 6.6. DEFORMAÇÕES ESPECÍFICAS | 187 |
| 6.6.1. Deformações específicas no concreto..... | 187 |
| 6.6.1.1. Viga referência | 188 |
| 6.6.1.2. Vigas reforçadas | 189 |
| 6.6.2. Deformações específicas nos estribos | 193 |
| 6.6.2.1. Viga referência | 194 |
| 6.6.2.2. Vigas reforçadas | 194 |
| 6.6.3. Deformações específicas nos compósitos de PRFC..... | 196 |
| 6.6.3.1. Vigas reforçadas | 197 |
| 6.6.4. Comparações entre laminados de PRFC colados entre e sobre estribos..... | 201 |
| 6.7. PANORAMA DE FISSURAÇÃO DAS VIGAS | 204 |
| 6.8. ANÁLISE DOS RESULTADOS | 209 |
| 6.8.1. Comparação teórico experimental | 209 |
| 6.8.2. Considerações finais..... | 214 |
| | |
| CAPÍTULO 7 | |
| CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 217 |
| 7.1. CONCLUSÕES | 217 |
| 7.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS LINHAS DE INVESTIGAÇÃO | 221 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 223 |
| | |
| APÊNDICE A | |
| PRESCRIÇÕES NORMATIVAS - CRITÉRIOS DE PROJETO PARA | |
| DIMENSIONAMENTO DE VIGAS AO CISALHAMENTO..... | 237 |
| A.1. Critério da NBR 6118 (2003) | 237 |
| A.2. Critério do EUROCODE 2 (1992) | 239 |
| A.3. Critério do ZSUTTY (1968) | 242 |
| A.4. Critério da ACI 318M (1995) | 244 |
| A.5. Critério segundo modelo CEB-FIP (1990) | 246 |
| | |
| APÊNDICE B | |
| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | 249 |
| B.1. Laminados sobre estribos | 249 |
| B.2. Laminados entre estribos | 253 |
| B.3. Embutidos | 262 |
| B.4. Embutidos com faixa colaborante | 269 |
| B.5. Embutidos na lateral | 276 |
| B.6. Laminados em L entre estribos | 279 |
| B.7. Laminados em L sobre estribos | 285 |
| B.8. Tecido entre estribos | 287 |
| B.9. Tecido a 45° | 293 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabela 2.1. | Comparação do consumo <i>per capita</i> de material PRF no mundo | 13 |
| Tabela 2.2. | Propriedades típicas dos principais tipos de fibras | 23 |
| Tabela 2.3. | Propriedades típicas das resinas mais usadas | 25 |
| Tabela 2.4. | Descrição dos sistemas de PRFC curados <i>in situ</i> | 28 |
| Tabela 2.5. | Configurações de reforço ao cisalhamento | 39 |
| Tabela 3.1. | Dados experimentais de reforços ao cisalhamento utilizando PRF's laminados e tecidos por Triantafillou (1998)..... | 44 |
| Tabela 3.2. | Descrição, carga de ruptura e incremento de carga nas vigas ensaiadas por SIM (2006)..... | 65 |
| Tabela 3.3. | Resultados dos modelos ensaiados por Chaallal (1998)..... | 68 |
| Tabela 5.1. | Esquemas de reforço das vigas | 144 |
| Tabela 5.2. | Dimensionamento preliminar à flexão | 145 |
| Tabela 5.3. | Verificação preliminar ao cisalhamento | 145 |
| Tabela 5.4. | Características do concreto dosado em central | 146 |
| Tabela 5.5. | Controle tecnológico do concreto | 149 |
| Tabela 5.6. | Características dos aços das armaduras | 151 |
| Tabela 5.7. | Características dos constituintes dos sistemas de PRFC | 152 |
| Tabela 5.8. | Verificação preliminar dos reforços | 158 |
| Tabela 6.1. | Resultados dos PRFCs inseridos no concreto | 169 |
| Tabela 6.2. | Resultados dos PRFCs embutidos com faixa adicional | 172 |
| Tabela 6.3. | Resultados dos PRFCs laminados | 173 |
| Tabela 6.4. | Resultados dos PRFCs laminados em L | 176 |
| Tabela 6.5. | Resultados dos PRFCs em tecidos | 177 |
| Tabela 6.6. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para contribuição do concreto e do aço | 210 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tabela 6.7. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para os laminados colados nas laterais | 210 |
| Tabela 6.8. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para o tecido colado em envolvimento total | 211 |
| Tabela 6.9. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para lâminas embutidas no sentido da sua largura | 212 |
| Tabela 6.10. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para laminados em U | 213 |
| Tabela 6.11. | Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para lâminas embutidas no sentido de sua espessura | 214 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 2.1 | Produção de compósitos de fibra de carbono..... | 11 |
| Figura 2.2 | Expansão do mercado de fibras de carbono..... | 12 |
| Figura 2.3 | Demanda de fibras de carbono nos Estados Unidos..... | 12 |
| Figura 2.4 | Viga reforçada ao cisalhamento no EMPA..... | 15 |
| Figura 2.5 | Encamisamento de pilar..... | 16 |
| Figura 2.6. | Chaminé antes do reforço e Chaminé após reforço..... | 16 |
| Figura 2.7. | Reforço em lajes..... | 17 |
| Figura 2.8 | Compósitos reforçados com partículas e com fibras..... | 18 |
| Figura 2.9 | Representação esquemática das fases constituintes de um compósito... | 18 |
| Figura 2.10 | Configuração das fibras para materiais compósitos..... | 20 |
| Figura 2.11 | Micrografia de tecido de feixes antes da infiltração da resina..... | 21 |
| Figura 2.12 | Fotogrametria de uma seção de laminado de tecido com feixes paralelos a um conjunto de fibras..... | 22 |
| Figura 2.13 | Eixos de referência para uma lâmina unidirecional de PRF..... | 22 |
| Figura 2.14 | Diagrama tensão-deformação dos principais tipos de fibras em comparação com o aço..... | 23 |
| Figura 2.15 | Ordenamento hexagonal da rede de átomos de carbono..... | 24 |
| Figura 2.16 | Reforço à flexão e ao cisalhamento..... | 36 |
| Figura 2.17 | Colagem nas faces laterais..... | 37 |
| Figura 2.18 | Colagem em forma de U..... | 37 |
| Figura 2.19 | Colagem com envolvimento total..... | 37 |
| Figura 3.1 | Detalhamento das vigas utilizadas na investigação do comportamento ao cisalhamento (NORRIS <i>et al.</i> , 1997)..... | 42 |
| Figura 3.2 | Configuração das vigas reforçadas ao cisalhamento (NORRIS <i>et al.</i> , 1997)..... | 42 |
| Figura 3.3 | Configuração do reforço em L (TRIANAFILLOU, 1998)..... | 43 |
| Figura 3.4 | Configuração do reforço a 45° (TRIANAFILLOU, 1998)..... | 45 |
| Figura 3.5 | Padrão de fissuração das vigas ensaiadas (KACHLAKEV e MCCURRY, 2000)..... | 46 |
| Figura 3.6 | Detalhamento dos protótipos (KANABUKO <i>et al.</i> , 2001)..... | 47 |
| Figura 3.7 | Padrão de fissuração das vigas ensaiadas (KANABUKO <i>et al.</i> , 2001)..... | 47 |
| Figura 3.8 | Tipos de barras de PRFC e fissuração de viga após ensaio, respectivamente (DE LORENZIS <i>et al.</i> 2001)..... | 49 |
| Figura 3.9 | Esquema dos reforços (KHALIFA E NANNI, 1999)..... | 51 |
| Figura 3.10 | Detalhamento de ancoragem (NANNI <i>et al.</i> , 2002)..... | 52 |
| Figura 3.11 | Esquemas de reforço para vigas sem estribos no vão de cisalhamento (CAROLIN E TÄLJESTEN, 2003)..... | 53 |
| Figura 3.12 | Esquemas de reforço para vigas com estribos (CAROLIN E TÄLJESTEN 2003)..... | 53 |
| Figura 3.13 | Tipos de ruptura (CAROLIN E TÄLJESTEN, 2003)..... | 54 |
| Figura 3.14 | Ensaio realizado no EMPA (CZARDESKI <i>et al.</i> , 2003)..... | 55 |
| Figura 3.15 | Laminados pré-fabricados em forma de L | 55 |
| Figura 3.16 | Detalhes dos reforços externos das vigas ensaiadas (TÄLJESTEN <i>et al.</i> , 1999)..... | 56 |
| Figura 3.17 | Detalhes dos reforços externos das vigas ensaiadas (TÄLJESTEN <i>et al.</i> , 2003)..... | 57 |
| Figura 3.18 | Configuração das vigas ensaiadas (ADHIKARY <i>et al.</i> , 2004)..... | 58 |
| Figura 3.19 | Características das vigas após o ensaio (ADHIKARY <i>et al.</i> , 2004)..... | 58 |
| Figura 3.20 | Características das vigas das séries A e B (DIAS. E BARROS 2003)..... | 59 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 3.21 | Modos de ruptura verificados na série A (DIAS E BARROS, 2003)..... | 60 |
| Figura 3.22 | Características das vigas ensaiadas (DIAS E BARROS, 2005)..... | 61 |
| Figura 3.23 | Configuração dos reforços (DIAS E BARROS, 2005)..... | 61 |
| Figura 3.24 | Configuração do modo de ruína e das fissuras após os ensaios. (DIAS E BARROS, 2005)..... | 62 |
| Figura 3.25 | Ação nos estribos (OEHLERS <i>et al.</i> ,2005)..... | 64 |
| Figura 3.26 | Dimensionamento das vigas ensaiadas (SIM <i>at al.</i> , 2005)..... | 64 |
| Figura 3.27 | Sistemas de reforços utilizados (SIM <i>at al.</i> , 2005)..... | 65 |
| Figura 3.28 | Reforço ao cisalhamento com compósitos de PRFC (CHAALLAL <i>et al.</i> , 1999)..... | 67 |
| Figura 3.29 | Detalhes das vigas ensaiadas: (a) seção transversal sem estribos (b) seção transversal com estribos (c) seção transversal com PRFC (CHAALLAL <i>et al.</i> , 2005)..... | 68 |
| Figura 3.30 | Representação das duas etapas de ensaio na mesma viga (CHAALLAL <i>et al.</i> , 2005)..... | 69 |
| Figura 3.31 | Detalhamento das vigas (CHAALLAL <i>et al.</i> , 2006)..... | 70 |
| Figura 3.32 | Representação das duas etapas de ensaio na mesma viga (CHAALLAL <i>et al.</i> , 2006)..... | 71 |
| Figura 3.33 | Instrumentação: (a) extensômetros na armadura transversal, longitudinal e inserido no concreto. (b) extensômetros no PRFC (CHAALLAL <i>et al.</i> , 2006)..... | 71 |
| Figura 3.34 | Panorama de fissuração das vigas (GUADAGNINI <i>at.al.</i> , 2001)..... | 73 |
| Figura 3.35 | Arranjo dos ensaios experimentais (GUADAGNINI <i>at.al.</i> , 2006)..... | 74 |
| Figura 3.36 | Características dos reforços das vigas ensaiadas (MONTI E LIOTTA, 2006)..... | 75 |
| Figura 3.37 | Detalhamento da viga referência e ilustração do ensaio experimental (MONTI E LIOTTA ,2006)..... | 76 |
| Figura 3.38 | Comparação de resultados experimentais com os do ACI 440.2R-02 (MONTI E LIOTTA, 2006)..... | 76 |
| Figura 3.39 | Modos de ruptura das vigas ensaiadas (PELLEGRINO E MODENA, 2002). 77 | 77 |
| Figura 3.40 | Dimensionamento das vigas ensaiadas (PELLEGRINO E MODENA, 2006) 78 | 78 |
| Figura 3.41 | Descolamento do reforço com destacamento do cobrimento em uma porção triangular sobre a fissura diagonal principal no vão de cisalhamento (PELLEGRINO E MODENA, 2006)..... | 79 |
| Figura 3.42 | Tipos de ruptura em vigas com armadura ao cisalhamento (PELLEGRINO E MODENA, 2006)..... | 79 |
| Figura 3.43 | Armadura das vigas experimentais (SALLES NETO,2000)..... | 81 |
| Figura 3.44 | Representação do sistema das vigas reforçadas (SALLES NETO, 2000).... | 82 |
| Figura 3.45 | Armadura das vigas experimentais (ARAÚJO, A.S., 2002)..... | 84 |
| Figura 3.46 | Representação esquemática das vigas reforçadas (ARAÚJO, A.S., 2002)... | 85 |
| Figura 3.47 | Armadura das vigas do Grupo C reforçadas ao cisalhamento (BEBER, 2003) | 86 |
| Figura 3.48 | Representação esquemática das vigas reforçadas (BEBER, 2003)..... | 87 |
| Figura 3.49 | Armadura das vigas experimentais (GALVEZ, 2003)..... | 89 |
| Figura 3.50 | Representação esquemática das vigas reforçadas(GALVEZ,2003)..... | 90 |
| Figura 4.1 | Modelos simplificados de equilíbrio no vão de cisalhamento em vigas de concreto armado..... | 95 |
| Figura 4.2 | Cisalhamento direto..... | 96 |
| Figura 4.3 | Ruptura teórica por cisalhamento..... | 97 |
| Figura 4.4 | Tensões de compressão atravessando as fissuras..... | 97 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 4.5 | Forças atuantes em uma fissura diagonal numa viga de CA | 98 |
| Figura 4.6 | Efeito <i>tension-stiffening</i> | 100 |
| Figura 4.7 | Tipos de ruptura de vigas de concreto armado sem armadura transversal..... | 101 |
| Figura 4.8 | Mecanismos internos resistentes..... | 102 |
| Figura 4.9 | Engrenamento dos agregados..... | 103 |
| Figura 4.10 | Encavilhamento da armadura de flexão..... | 103 |
| Figura 4.11 | Tipos de ruptura..... | 104 |
| Figura 4.12 | Padrão de fissuração e modelo de treliça de Mörsh..... | 106 |
| Figura 4.13 | Efeito de arco..... | 107 |
| Figura 4.14 | Inclinação da bielas..... | 107 |
| Figura 4.15 | Tipos de colapso para várias relações a/d..... | 108 |
| Figura 4.16 | Vale da força cortante..... | 109 |
| Figura 4.17 | Modelo de Pente..... | 111 |
| Figura 4.18 | Colapso para a) $2,5 < a/d < 7,0$ b) colapso para $1,0 < a/d < 2,5$ | 112 |
| Figura 4.19 | Efeito do cisalhamento em viga sem armadura transversal..... | 113 |
| Figura 4.20 | Círculo de Mohr das deformações específicas..... | 114 |
| Figura 4.21 | Deformações específicas na viga..... | 115 |
| Figura 4.22 | Relação tensão deformação para o concreto..... | 115 |
| Figura 4.23 | Influência da distribuição da armadura no espaçamento da fissura diagonal..... | 119 |
| Figura 4.24 | Variáveis utilizadas no dimensionamento do sistema de reforço..... | 121 |
| Figura 4.25 | Descrição dos elementos para a determinação da contribuição das barras de PRFC para resistência ao cisalhamento..... | 128 |
| Figura 4.26 | Determinação da contribuição das barras de PRFC para resistência ao esforço cortante..... | 128 |
| Figura 4.27 | Princípio para a obtenção de L_i | 130 |
| Figura 4.28 | Laminado de PRFC em forma de L..... | 132 |
| Figura 4.29 | Zona de ancoragem..... | 136 |
| Figura 4.30 | Reforço ao cisalhamento com faixa adicional para forças axiais..... | 138 |
| Figura 5.1 | Ensaio de prova em quatro pontos | 140 |
| Figura 5.2 | Viga experimental sob carga concentrada..... | 141 |
| Figura 5.3 | Detalhamento das vigas..... | 141 |
| Figura 5.4 | Detalhe das armaduras das vigas com ancoragem mecânica..... | 142 |
| Figura 5.5 | Sistema de reforços avaliados..... | 143 |
| Figura 5.6 | Concreto usinado..... | 146 |
| Figura 5.7 | Ensaio de tronco de cone..... | 147 |
| Figura 5.8 | Moldagem dos corpos de provas..... | 148 |
| Figura 5.9 | Ensaio à compressão uniaxial em um corpo de prova..... | 148 |
| Figura 5.10 | Vigas nas formas..... | 150 |
| Figura 5.11 | Detalhe das armaduras..... | 151 |
| Figura 5.12 | Detalhe dos estribos com sensores..... | 152 |
| Figura 5.13 | Localização dos estribos..... | 153 |
| Figura 5.14 | Abertura de faixas no concreto de recobrimento..... | 153 |
| Figura 5.15 | Mistura de resina..... | 154 |
| Figura 5.16 | Colagem dos laminados..... | 154 |
| Figura 5.17 | Abertura de ranhuras no concreto de recobrimento..... | 155 |
| Figura 5.18 | Corte dos laminados..... | 155 |
| Figura 5.19 | Aplicação do adesivo e inserção dos laminados..... | 156 |
| Figura 5.20 | Sistema de reforço embutido no sentido da largura da lâmina..... | 156 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 5.21 | Sistema de reforço embutido com lâmina adicional..... | 157 |
| Figura 5.22 | Preparo do reforço da viga curada <i>in situ</i> | 158 |
| Figura 5.23 | Esquema de ensaio..... | 159 |
| Figura 5.24 | Detalhamento das vigas para ensaio..... | 159 |
| Figura 5.25 | Vistas frontal e lateral da montagem do sistema de ensaio..... | 160 |
| Figura 5.26 | Subdivisão do sistema geral de medidas..... | 161 |
| Figura 5.27 | Sistema de ensaio..... | 161 |
| Figura 5.58 | Posicionamento dos extensômetros a) nos estribos b) no concreto c) nas lâminas de PRFC..... | 162 |
| Figura 5.29 | Esquema de posicionamento da roseta..... | 163 |
| Figura 5.30 | Detalhe da roseta..... | 163 |
| Figura 5.31 | Compensadores de temperatura para aço e PRFC..... | 164 |
| Figura 5.32 | Compensadores de temperatura para concreto..... | 164 |
| Figura 5.33 | Utilização de compensadores de temperatura em ensaio..... | 165 |
| Figura 5.34 | Viga a ser ensaiada..... | 165 |
| Figura 5.35 | Viga ensaiada..... | 166 |
| Figura 6.1 | Ruptura da viga referência (frente)..... | 168 |
| Figura 6.2 | Ruptura da viga referência (atrás)..... | 168 |
| Figura 6.3 | Viga 27 antes do ensaio..... | 170 |
| Figura 6.4 | Viga 27 após o ensaio..... | 170 |
| Figura 6.5 | Viga 11 após o ensaio..... | 170 |
| Figura 6.6 | Viga 9 após o ensaio..... | 171 |
| Figura 6.7 | Viga 8 após o ensaio..... | 171 |
| Figura 6.8 | Viga 12 após o ensaio..... | 172 |
| Figura 6.9 | Viga 13 após o ensaio..... | 172 |
| Figura 6.10 | Viga 16 após o ensaio..... | 174 |
| Figura 6.11 | Viga 35 após o ensaio..... | 174 |
| Figura 6.12 | Viga 24 após o ensaio..... | 174 |
| Figura 6.13 | Viga 25 após o ensaio..... | 175 |
| Figura 6.14 | Viga 32 após o ensaio..... | 175 |
| Figura 6.15 | Viga 21 após o ensaio..... | 176 |
| Figura 6.16 | Viga 31 após o ensaio..... | 176 |
| Figura 6.17 | Viga 28 após o ensaio..... | 177 |
| Figura 6.18 | Viga 34 após o ensaio..... | 178 |
| Figura 6.19 | Relação entre quantidade de PRFC e incremento de carga..... | 178 |
| Figura 6.20 | Parcelas V_c+V_{sw} e V_f para o grupo dos embutidos..... | 180 |
| Figura 6.21 | Parcelas V_c+V_{sw} e V_f para o grupo dos embutidos com faixa colaborante..... | 180 |
| Figura 6.22 | Parcelas V_c+V_{sw} e V_f para o grupo dos laminados colados nas laterais..... | 180 |
| Figura 6.23 | Parcelas V_c+V_{sw} e V_f para o grupo dos laminados em L colados em U..... | 181 |
| Figura 6.24 | Parcelas V_c+V_{sw} e V_f para o grupo das tiras de tecido coladas em envolvimento total..... | 181 |
| Figura 6.25 | Diagrama carga x deslocamento da viga referência..... | 182 |
| Figura 6.26 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados inseridos no sentido da espessura..... | 183 |
| Figura 6.27 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados inseridos no sentido da largura..... | 184 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 6.28 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos embutidos com faixa adicional..... | 184 |
| Figura 6.29 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados (Carbodur).. | 185 |
| Figura 6.30 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados em L | 186 |
| Figura 6.31 | Diagrama carga x deslocamento do grupo dos tecidos (Sikawrap)..... | 186 |
| Figura 6.32 | Deformações no concreto (viga referência)..... | 188 |
| Figura 6.33 | Deformações no concreto (grupo dos embutidos na espessura)..... | 189 |
| Figura 6.34 | Deformações no concreto (grupo dos embutidos na lateral)..... | 190 |
| Figura 6.35 | Deformações no concreto (grupo dos embutidos com faixa colaborante)..... | 190 |
| Figura 6.36 | Deformações no concreto (grupo dos laminados entre estribos)..... | 191 |
| Figura 6.37 | Deformações no concreto (grupo dos laminados sobre estribos)..... | 191 |
| Figura 6.38 | Deformações no concreto (grupo dos laminados em L entre estribos).. | 192 |
| Figura 6.39 | Deformações no concreto (grupo dos laminados em L sobre estribos). | 192 |
| Figura 6.40 | Deformações no concreto (grupo das tiras de tecido entre estribos)..... | 192 |
| Figura 6.41 | Deformações no concreto (grupo das tiras de tecido a 45°)..... | 193 |
| Figura 6.42 | Ilustração da posição dos extensômetros nos estribos..... | 193 |
| Figura 6.43 | Deformações nos estribos (viga referência)..... | 194 |
| Figura 6.44 | Deformações nos estribos (grupo dos embutidos na espessura)..... | 194 |
| Figura 6.45 | Deformações nos estribos (grupo dos embutidos na lateral)..... | 194 |
| Figura 6.46 | Deformações nos estribos (grupo dos laminados entre estribos)..... | 195 |
| Figura 6.47 | Deformações nos estribos (grupo dos laminados sobre estribos)..... | 195 |
| Figura 6.48 | Deformações nos estribos (grupo dos laminados em L entre estribos).. | 195 |
| Figura 6.49 | Deformações nos estribos (grupo dos laminados em L sobre estribos). | 196 |
| Figura 6.50 | Deformações nos estribos (grupo das tiras de tecido entre estribos)..... | 196 |
| Figura 6.51 | Deformações nos estribos (grupo das tiras de tecido a 45°)..... | 196 |
| Figura 6.52 | Ilustração da posição dos extensômetros nos laminados | 197 |
| Figura 6.53 | Deformações nos laminados (grupo dos embutidos na espessura)..... | 197 |
| Figura 6.54 | Deformações nos laminados (grupo dos embutidos na lateral)..... | 198 |
| Figura 6.55 | Deformações nos laminados (grupo dos embutidos com faixa colaborante)..... | 198 |
| Figura 6.56 | Deformações nos laminados (grupo dos laminados entre estribos)..... | 199 |
| Figura 6.57 | Deformações nos laminados (grupo dos laminados sobre estribos)..... | 199 |
| Figura 6.58 | Deformações nos laminados (grupo dos laminados em L entre estribos)..... | 200 |
| Figura 6.59 | Deformações nos laminados (grupo dos laminados em L sobre estribos)..... | 200 |
| Figura 6.60 | Deformações nos laminados (grupo das tiras de tecido entre estribos)..... | 200 |
| Figura 6.61 | Deformações nos laminados (grupo das tiras de tecido a 45°)..... | 201 |
| Figura 6.62 | Vigas após ensaio do Sistema Sika [®] CarboDur: a)entre estribos e b)sobre estribos..... | 202 |
| Figura 6.63 | Vigas após ensaio do Sistema Sika [®] CarboDur: a)entre estribos e b)sobre estribos..... | 202 |
| Figura 6.64 | Comparação das deformações no concreto (grupo dos laminados)..... | 202 |
| Figura 6.65 | Comparação das deformações no concreto (grupo dos laminados em L)..... | 203 |
| Figura 6.66 | Comparação das deformações nos estribos (grupo dos laminados em L) | 203 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 6.67 | Comparação das deformações nos compósitos de PRFC (grupo dos laminados)..... | 203 |
| Figura 6.68 | Comparação das deformações nos compósitos de PRFC (grupo dos laminados em L)..... | 204 |
| Figura 6.69 | Panorama de fissuração da Viga Referência..... | 204 |
| Figura 6.70 | Panorama de fissuração da viga V27..... | 205 |
| Figura 6.71 | Panorama de fissuração da viga V22..... | 206 |
| Figura 6.72 | Panorama de fissuração da viga V25..... | 206 |
| Figura 6.73 | Panorama de fissuração da viga V31..... | 207 |
| Figura 6.74 | Panorama de fissuração da viga V33..... | 207 |
| Figura 6.75 | Panorama de fissuração da viga V29..... | 208 |
| Figura 6.76 | Panorama de fissuração da viga V28..... | 208 |

NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA

LETRAS MINUSCULAS

- a – vão de cisalhamento (em vigas com cargas concentradas, distância entre apoio e carga concentrada mais próxima do mesmo)
- b – largura da alma da viga
- b_w – largura mínima da seção ao longo da altura útil
- c – cobrimento das armaduras
- d – altura útil da viga
- d_f – altura útil do compósito
- d_{fi} – distância da face comprimida até a base do compósito
- d_{fs} – distância da face comprimida até o topo do compósito
- e_v – espaçamento vertical entre as armaduras longitudinais
- f_c – resistência à compressão do concreto experimental
- f'_c – resistência à compressão do concreto experimental segundo ACI318
- f_{cd} – resistência à compressão de cálculo do concreto
- f_{cd2} – resistência à compressão das bielas
- f_{ck} – resistência característica à compressão do concreto
- f_{ctd} – resistência à tração do concreto , valor de cálculo
- f_{ctk} – tensão de ruptura característica do concreto à tração simples
- $f_{ctk,inf}$ – resistência à tração do concreto , valor inferior
- f_{ctm} – resistência à tração do concreto , valor médio
- f_f – resistência última de ruptura do compósito
- f_{fe} – resistência efetiva atuante no compósito
- f_y – tensão de escoamento à tração experimental do aço
- f_{ym} – tensão de escoamento à tração experimental média do aço
- f_{yd} – resistência à escoamento de aço, valor de cálculo
- f_{yk} – resistência característica de escoamento do aço
- f_{ywd} – resistência na armadura transversal passiva, valor de cálculo
- h – altura da viga

| | |
|----------|---|
| h_f | – altura do reforço |
| h_{fe} | – altura efetiva do reforço |
| l | – vão livre teórico |
| l_e | – comprimento de ancoragem efetivo |
| k_1 | – coeficiente de modificação, função da resistência do concreto |
| k_2 | – coeficiente de modificação, função da configuração do reforço |
| n | – número de camadas do reforço |
| s | – espaçamento entre os estribos |
| s_f | – espaçamento entre as tiras de reforço |
| t_f | – espessura do compósito de carbono |
| y_s | – altura do compósito superior a partir da Linha Neutra |
| y_c | – altura do compósito a partir da Linha Neutra |
| z | – braço de alavanca entre a resultante do concreto comprimido e a armadura tracionada |
| w_f | – largura das tiras do reforço |

LETRAS MAIÚSCULAS

| | |
|-----------|--|
| A | – área da seção transversal da viga |
| A_f | – área da seção transversal do compósito |
| A_s | – área da seção da armadura tracionada |
| A_{sw} | – área da seção da armadura transversal |
| D | – resultante das tensões normais de tração |
| E_s | – módulo de elasticidade do aço dos estribos |
| E_f | – módulo de elasticidade longitudinal do compósito |
| J | – momento de inércia da área da seção transversal em relação à linha neutra |
| K | – coeficiente em função da distribuição da armadura longitudinal ao longo do vão |
| L_{max} | – comprimento máximo do compósito |
| M | – momento fletor |
| M_d | – momento fletor de cálculo |

- $M_{Sd,max}$ – momento fletor de cálculo máximo no trecho de análise
 N – número de barras longitudinais tracionadas
 $P_{u(exp.)}$ – carga última experimental das vigas
 R_{cc} – força resultante no banzo comprimido da treliça
 $R_{c\theta}$ – força resultante na biela comprimida
 R_{st} – força resultante no banzo tracionado da treliça
 R_{swt} – força resultante nas diagonais tracionadas da treliça
 V – força cortante
 V_c – força cortante resistente devido ao concreto
 V_{c1} – força cortante resistida devido ao concreto (modelo II)
 V_{cnf} – força cortante resistida pelo concreto não fissurado
 V_{cr} – força cortante correspondente à fissura diagonal
 V_d – força cortante, valor de cálculo
 V_{ep} – força cortante resistida pelo efeito de pino
 V_f – força cortante resistente devido ao reforço com PRFC
 V_{ia} – força cortante resistido pelo engrenamento dos agregados
 V_n – resistência nominal à força cortante
 $V_{u(exp.)}$ – força cortante última experimental
 V_r – força cortante resistente da viga reforçada
 V_{Rd2} – força cortante resistente de cálculo nas bielas comprimidas de concreto
 V_{Rd3} – força cortante resistente de cálculo da diagonal tracionada
 V_{sd} – força cortante solicitante de cálculo
 V_{sw} – força cortante resistente devido à armadura transversal

LETRAS GREGAS

| | | |
|--------------------|---|--|
| α | – | ângulo de inclinação da armadura transversal com relação ao eixo da viga |
| α_{v2} | – | coeficiente de efetividade |
| β | – | ângulo do compósito com relação ao eixo longitudinal da viga |
| β_l | – | coeficiente de largura do reforço |
| β_w | – | coeficiente de comprimento de ancoragem |
| γ_c | – | coeficiente de ponderação da resistência do concreto |
| γ_f | – | coeficiente de ponderação das solicitações |
| ε_{fu} | – | deformação específica última do compósito |
| ε_{fe} | – | deformação específica efetiva experimental |
| ε_1 | – | deformação principal de tração na alma da viga |
| ε_2 | – | deformação principal de compressão na alma da viga |
| ε_x | – | deformação do concreto na alma na direção de x |
| ε_y | – | deformação do concreto na alma na direção de y |
| θ | – | ângulo da biela de concreto comprimida com relação ao eixo da viga |
| λ | – | fator entre o comprimento máximo do compósito e o comprimento de ancoragem efetivo |
| ν | – | coeficiente de eficácia |
| ρ_{lm} | – | menor taxa de armadura longitudinal de tração |
| ρ_l | – | taxa geométrica de armadura tracionada |
| ρ_f | – | taxa geométrica do reforço |
| ρ_w | – | taxa geométrica da armadura transversal |
| σ | – | tensão normal |
| $\sigma_{c\theta}$ | – | tensão de compressão do concreto na direção θ |
| $\sigma_{e,estr}$ | – | tensão de escoamento dos estribos |
| $\sigma_{f,max}$ | – | tensão máxima no compósito |
| σ_{si} | – | tensão de tração da armadura |
| τ | – | tensão de cisalhamento |

- τ_d – tensão de cisalhamento, valor de cálculo
- τ_{rd} – tensão de referência para cálculo da força cortante resistente
- τ_0 – tensão de cisalhamento na linha neutra
- τ_{0d} – tensão de cisalhamento, valor de cálculo na linha neutra
- ϕ_t – diâmetro da armadura transversal
- ϕ_l – diâmetro da armadura longitudinal
- κ_v – coeficiente de redução de aderência

RESUMO

MENON, N.V. (2008). *Estudo Experimental de Sistemas de Reforço ao Cisalhamento em Vigas de Concreto Armado Utilizando-se Polímero Reforçado com Fibras de Carbono (PRFC)*. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Ivo José Padaratz, Ph.D.

O presente trabalho estuda o comportamento de materiais compósitos de PRFC em sua aplicação como material estrutural de reforço e recuperação em vigas de concreto armado submetidas ao esforço cortante. É apresentado o estado atual do conhecimento relacionado com o assunto onde se introduzem diferentes modelos conceituais e de dimensionamento de reforços ao cisalhamento com sistemas de PRFC. Quatro sistemas de reforços ao cisalhamento em vigas de concreto armado foram estudados nesta pesquisa: sistemas com laminados em tiras, laminados em L, laminados embutidos no concreto e faixas de tecido de PRFC. Com a finalidade de se obter maiores argumentos qualitativos e quantitativos foram utilizados vários sistemas de reforço em protótipos iguais permitindo assim um maior potencial de conhecimento sobre os tipos de reforços ao cisalhamento com sistemas de PRFC. Destaca-se que no estudo realizado em vigas com armadura transversal convencional reforçadas ao cisalhamento com PRFC foi analisada a diferença da posição de colagem externa das lâminas de reforço, sobre ou entre os estribos internos. A literatura específica nada menciona sobre este assunto. Para o programa experimental os protótipos foram reunidos em cinco séries. A primeira série foi constituída por vigas com sistemas de reforços em laminados que foram embutidos na superfície do concreto. Para a segunda série foram utilizados protótipos reforçados com laminados inseridos e uma faixa adicional de laminado colada na região inferior das faces das vigas. A terceira série de vigas continha protótipos com sistemas de reforços com sistemas de laminados colados externamente nas laterais das vigas, na superfície do concreto e situavam-se em duas posições nas faces do concreto, entre ou sobre os estribos de aço internos. Na quarta série foram utilizados laminados em forma de L colados em três faces das vigas nas mesmas posições que a série anterior. Na última série foram analisados sistemas de reforços compostos por tiras de tecido dispostos a 90° e a 45° . Os resultados obtidos nos ensaios foram interpretados, discutidos e avaliados. Estes resultados indicam a viabilidade das técnicas utilizadas em vigas de concreto armado que foram reforçadas ao cisalhamento com compósitos de fibras de carbono e mostraram que a técnica por inserção de laminados foi a mais eficaz.

Palavras-chave: concreto armado, reforço estrutural, vigas, cisalhamento, PRFC.

ABSTRACT

The present work studied the behavior of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) composite used as strengthening and rehabilitating structural material in reinforced concrete (RC) beams submitted to shear stress. The current state of the knowledge related to this issue is presented, and different conceptual and design models for shear strengthening of RC beams with CFRP systems are also introduced. Four strengthening systems were studied in this research: laminated plates; L shaped plates; laminate plates embedded into the concrete; and strips of CFRP sheets. In order to supply stronger qualitative and quantitative arguments, and to build up potential knowledge on different types of CFRP systems for shear strengthening of RC beams, identical prototypes were used. The study was carried out in conventional RC beams, which were shear strengthened with CFRP plates. Different external bonding positions of the strengthening plates, either on or inside the internal steel stirrups were analyzed; an aspect that had not been mentioned in the specific literature before. The experimental program was composed of prototypes assembled into five series: 1) RC beams strengthened with laminated plates embedded into slits cut on the beam's lateral concrete surface, either longitudinally or transversally; 2) Laminated plates embedded into slits cut on the concrete surface, and an additional laminated plate bonded along the lower side of the beams. 3) Laminated plates externally bonded on the side of the beam's concrete surface, between or on the steel stirrups. 4) L shaped plates bonded on the concrete surface on three sides of the beams, in a similar fashion to the previous series. 5) Strips of CFRP sheets placed at 90° and 45° . The results obtained in the tests are interpreted, discussed and evaluated. These results indicate that the techniques used in this study, to shear strengthen RC beams with CFRP, are viable. They also showed that CFRP laminated plates embedded into slits cut on the beam's lateral surface (1) was the most effective technique.

Keywords: Reinforced concrete, structural strengthening, rectangular beams, shearing, CFRP.

GLOSSÁRIO DOS TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS

Este glossário tem por objetivo expor com clareza alguns termos utilizados neste trabalho e seus significados. Estes termos estão relacionados com a área de reforço estrutural em elementos de concreto com materiais compostos.

A

Adesivo - ou cola é a substância responsável pela colagem de dois materiais ao longo de uma superfície de ligação e pode apresentar-se sob a forma de um líquido, filme ou pasta.

Adesivo Estrutural - agente de colagem resinoso utilizado para a transferência das cargas existentes entre os elementos aderentes.

Agente de Cura - catalisador ou agente reativo que, quando adicionado à resina, produz a sua polimerização. Também denominado endurecedor ou iniciador.

Alcalinidade - condição de ter ou conter íons de hidroxila (OH⁻): contendo substâncias alcalinas.

Aramida - fibras orgânicas derivadas da poliamida aromática e de sigla (A).

B

Barra de CFC - construção limitada por resina normalmente feita com fibras contínuas em forma de barras, grelhas ou cordoalhas utilizadas para reforçar uniaxialmente o concreto.

C

Camada - lâmina individualizada (mantas, tecidos ou outros sistemas) de material impregnado com resina de saturação.

Camada Protetora - camada de acabamento que se utiliza para a proteção do sistema compósito contra a atuação da luz ultravioleta, abrasão e derramamentos ou borrifamentos de produtos químicos. Possuem também um efeito estético porque podem reproduzir diversas colorações e acabamentos.

Carbono - fibra produzida por tratamento térmico das fibras de precursor orgânico (rajon, PAN ou piche) em uma atmosfera inerte. É representado pela sigla (C).

Catalisador - agente orgânico utilizado para ativar a polimerização ou a cura de sistema de resina.

CFC - sistemas compósitos estruturados com fibras de carbono.

Cloth - termo internacional para representar o sistema de fios contínuos tecidos por um processo têxtil convencional (uni, bi ou multidirecional) e cujo estado final pode apresentar-se seco ou pré-impregnado. Constitui um tipo de tecido.

Compósito ou material composto - a combinação de dois ou mais materiais que diferem entre si na composição e na forma, em escala macro. Os constituintes retêm suas identidades; eles não se dissolvem nem se misturam completamente um no outro, embora atuando conjuntamente. Normalmente, os componentes podem ser identificados fisicamente e exibir uma interface entre si.

Compósitos de PRF - resultam, sobretudo, da combinação de uma matriz polimérica, termorrígida ou termoplástica, com uma elevada percentagem de fibras de reforço, contínuas ou não, orgânicas ou inorgânicas, de modo a incrementar resistência ou rigidez em uma ou mais direções (uni, bi e multidirecional).

Concentração de Tensões - a ampliação dos valores das tensões localizadas em regiões de colagem, recortes, entalhes, furos ou vazios no concreto comparativamente às tensões previstas nas fórmulas usuais da mecânica que não levam em consideração essas irregularidades.

Conteúdo de Resina - a quantidade de resina em um laminado expresso seja pela percentagem da massa total, seja pelo volume total.

Cordoalha de CFC - construção limitada com resina e feita com fibras contínuas na forma de cordoalha, utilizadas para reforçar uniaxialmente o concreto. As cordoalhas são usualmente utilizadas para o reforço do concreto protendido.

Crack-bridging – mecanismos de fechamento das trincas.

Cura - ou polimerização, é o processo químico de alteração irreversível das propriedades de uma resina termorrígida. Geralmente, a cura é proporcionada pela adição de um agente de cura ou catalisador (endurecedor), com ou sem aquecimento (ou pressão).

D

Degradação - declínio da qualidade das propriedades mecânicas do material.

Delaminação - qualquer um dos diversos mecanismos de falha decorrentes do progressivo destacamento do compósito de PRF do elemento de concreto, segundo um plano paralelo à orientação das fibras.

Descolamento - a separação na interface entre o substrato de concreto e a camada de reforço.

Desprendimento - ver descolamento.

Durabilidade - a capacidade do material para resistir às intempéries, ataques químicos, abrasão e outras condições de serviço.

Durabilidade à Fadiga - o número de ciclos de carregamento ou deformação necessário para levar à ruína do material, elemento estrutural ou amostra de teste.

E

EBR- (*Externally Bonded Reinforcement*) - colagem externa de mantas, tecidos ou laminados.

Endurecedor - agente que proporciona a polimerização (ou cura) quando adicionado a uma resina termorrígida (ou adesivo). É comum aplicar-se às resinas epóxi.

Epóxi - polímero com polimerização de endurecimento por calor contendo um ou mais grupos epoxídicos, curado através de reações com fenóis, aminas polifuncionais, anidridos e ácidos carboxílicos. É uma importante resina nos compósitos, também utilizada como adesivo estrutural.

Exposição - processo de expor materiais à atuação ambiental por um determinado espaço de tempo.

F

Fibra - componente estrutural dos compósitos de PRF, apresenta uma micro-estrutura altamente orientada e livre de defeitos.

Fibra de Aramida - fibra orgânica altamente orientada.

Fibra de Carbono - fibra produzida através do tratamento térmico de uma fibra precursora orgânica, tal como o poliacrilonitril (PAN), em um ambiente inerte.

Fibra de Grafite - ver fibra de carbono.

Fibra de Vidro - Um filamento individual obtido através da extrusão ou injeção do vidro através de um orifício bastante fino. O filamento contínuo obtido é uma fibra de vidro singular de comprimento grande ou indefinido.

Fibra precursora - fibras das quais a fibra de carbono é derivada, tais como rayon, poliacrilonitril ou alcatrão.

Filamento - a menor unidade de um material fibroso.

Filler's – Substância relativamente inerte, adicionada à resina com finalidade de alterar suas propriedades, diminuir o custo ou diminuir a densidade.

Fios - representam sistema simples de feixe de fibras, dispostas paralelamente (unidirecional).

Fluência - acréscimo de deformação com o tempo sob a ação de tensões constantes.

Fração em Peso de Fibras - a relação entre o peso de fibras e o peso do compósito.

Fração em Volume de Fibras - a relação entre o volume de fibras e o volume do compósito.

H

Híbrido - a combinação de duas ou mais diferentes fibras, tal como fibra de carbono e fibra de vidro, em um compósito.

I

Impregnação - processo de saturação dos interstícios de um sistema de reforço com fibras (laminados, mantas, tecidos) ou substrato de concreto, através de uma resina.

Inibidor - substância que retarda uma reação química. Também é utilizado em certos tipos de monômeros e resinas para prolongar o tempo permitido de estocagem.

Interface - a fronteira ou a superfície entre dois meios diferentes, fisicamente distintos entre si.

K

Kevlar[®] - marca registrada de uma fibra tipo de aramida e cuja sigla é (K).

L

Lâmina de Fibra Seca - lâmina flexível composta de vários filamentos do material de fibra ordenados segundo uma orientação comum em um plano. Essa é a configuração de todos os sistemas de reforço que utilizam fibras.

Lâmina Unidirecional - ver lâmina de fibra seca.

Laminado - uma ou mais camadas de fibras contidas em uma matriz curada de resina.

Laminado Anisotrópico - laminado no qual as propriedades dependem da direção na qual é conformado. Condição típica dos laminados reforçados com fibra.

Laminado Bidirecional - laminado polimérico reforçado com fibras, orientado segundo duas direções em seu plano; laminado cruzado.

Laminado pré-fabricado - resulta da impregnação de um conjunto de feixes ou camadas contínuas de fibras (sistema unidirecional) por uma resina termorrígida, consolidada por um processo de pultrusão, com controle de forma (espessura e largura) do compósito.

Lote - a quantidade de material fabricada durante um mesmo processo de produção, em que as variáveis de produção permanecem essencialmente constantes.

M

Manta flexível e pré-impregnada - sistema de agrupamento de fibras, através da disposição de faixas contínuas e paralelas (unidirecionais) sobre uma rede simples de proteção e/ou com espalhamento de uma resina de pré-impregnação.

Mat - termo internacional para representar o tipo de tecido que resulta do espalhamento aleatório das fibras em uma esteira rolante e, posteriormente, da pulverização com resina para adquirir consistência. O seu estado final é do tipo pré-impregnado.

Matriz - resina ou polímero obrigatoriamente homogêneos no qual o sistema de fibras do compósito está embebido.

Matriz polimérica - representa a outra componente do compósito de PRF. É constituída à base de uma resina, termorrígida ou termoplástica, que envolve completamente as fibras de reforço.

Microfissuras - fissuras formadas nos compósitos quando as tensões localizadas excedem a resistência da matriz.

N

NSM - (*Near Surface Mounted*) - técnica para laminados inseridos no concreto de recobrimento.

O

Orientação das fibras - refere-se ao direcionamento das fibras em um compósito de PRF. É freqüentemente expressa em um ângulo em relação ao eixo longitudinal do elemento de concreto reforçado.

P

PAN - Poliacrilonitril, fibra precursora utilizada para a fabricação da fibra de carbono.

PAN (poliacrilonitrila) - uma das possíveis matérias-primas na fabricação de fibras de carbono.

Peeling off- designação da literatura internacional, para o efeito conjunto da ação das tensões normais de tração e das tensões de cisalhamento na interface.

Piche - material com elevado peso molecular que é resíduo da destilação destrutiva de derivados de carvão e petróleo Piche é utilizado para a fabricação de fibras de carbono com alto módulo de elasticidade.

PITCH - precursor baseado no alcatrão do petróleo ou do carvão utilizado para a fabricação da fibra de carbono.

Polímero - define um material orgânico composto por moléculas caracterizadas pela repetição de um ou mais tipos de monômeros, de forma regular. Nesta fase, este sistema não contém fibras de reforço.

Polimerização - reação química na qual as moléculas de monômeros se ligam uma às outras para formar moléculas maiores em que o peso molecular é múltiplo do das substâncias originais.

Ponto de Inflamação - temperatura na qual o material se incendeia em presença de uma fonte de ignição.

Ponto de Inflamação Espontânea - temperatura na qual o material se incendeia espontaneamente, sem a necessidade de uma fonte de ignição. Essa temperatura é normalmente bastante mais elevada que daquela do ponto de inflamação. Conhecida também como temperatura de auto-ignição.

Pós-Cura - cura adicional proporcionada pela elevação da temperatura, objetivando aumentar o nível de ligação interna; utilizado para melhorar as propriedades finais do polímero ou do laminado.

Pré-impregnado - quando um sistema de fibras (fios, mantas ou tecidos) é semi-curado; resultado da impregnação com resina, em pequena percentagem, para garantir a consistência mínima do produto até à sua aplicação *in situ*.

PRF - sigla da família geral dos polímeros (ou compósitos) reforçados com fibras.

PRFC - sigla da família dos polímeros (ou compósitos) reforçados com fibras de carbono, também conhecido como CFRP.

PRFV - sigla da família dos polímeros (ou compósitos) reforçados com fibras de vidro, também conhecido como GFRP

Primer - apesar de não se tratar de uma formulação do tipo adesivo, este produto destina-se a completar e melhorar o desempenho daquele. O primer é aplicado após a limpeza mecânica da superfície e apresenta a característica de penetrar no concreto por capilaridade, de modo a melhorar a propriedade adesiva desta superfície, para, então, receber a resina de saturação ou o adesivo. Este produto é indispensável, principalmente, para as aplicações de sistemas de FRP curados *in situ* (fios, mantas e tecidos).

Pultrusão - processo contínuo que combina as ações de tração e extrusão para a produção de um compósito de FRP com seção final constante. Os fios contínuos embebidos em resina são esticados e passados por um molde aquecido, para processar a cura e a forma do FRP. Apresenta-se como o processo mais utilizado na fabricação de sistemas de FRP pré-fabricados.

Putty - ou produto de regularização de uma superfície. Seu objetivo é a eliminação de pequenas irregularidades na superfície do concreto, com o intuito de evitar a formação de bolhas de ar e garantir uma superfície uniforme para a aplicação do FRP.

R

Reabilitação - restauração da capacidade estrutural de um elemento danificado para a situação anterior a manifestação do processo de degradação ou sinistro.

Reforço - no contexto de materiais compósitos, este termo é utilizado para se referir ao componente estrutural (as fibras) adicionado à matriz, de modo a transmitir as características desejadas de resistência e rigidez. Ainda, pode ser entendida como um conjunto de ações para aumentar a resistência de uma estrutura ou de seus componentes, com o objetivo de melhorar a estabilidade estrutural de uma construção.

Relaxação - a redução de carga ou tensão em um material sob um estado constante de deformação.

Reparo - ação tomada para conduzir a um nível aceitável, a funcionalidade de uma estrutura ou seus componentes, que podem apresentar-se deficientes, deteriorados, degradados ou danificados sem que haja qualquer restrição nos materiais ou métodos empregados.

Resina - componente de um sistema polimérico, que requer a adição de um catalisador ou endurecedor, para se iniciar o processo de polimerização (ou cura) de um compósito. Pode ser referida, também, como a matriz de um compósito de FRP. Permite a transferência das solicitações além de proteger as fibras do ambiente.

Resina epóxi - resina formada por reações químicas de grupos epóxi com aminas, álcool, fenol e outros. É a matriz mais utilizada nos compósitos de FRP e o tipo de adesivo empregado nas colagens de elementos da construção civil.

Resistência à Fadiga - a maior tensão que pode ser sustentada sem ruptura para um determinado número de ciclos de carregamento.

Retardador de Fogo - produtos químicos que são utilizados para reduzir a tendência de uma resina queimar. Podem ser adicionados às resinas ou formarem uma camada protetora sobre o sistema compósito.

Ruptura por Fluência - ruptura do material devido à acumulação de deformação por carregamento ao longo do tempo.

S

Sistema de PRF curado *in situ* - é um sistema constituído por fibras contínuas, com a forma de fios, mantas ou tecidos em estado seco ou pré-impregnado. Transforma-se em compósito de FRP, somente após a execução do reforço no local, isto é, polimerizado ou endurecido *in situ* com a adição de uma resina de saturação das fibras que, simultaneamente, é o agente adesivo de ligação ao elemento estrutural sendo reforçado.

Sistema de PRF pré-fabricado - é um produto finalizado de FRP (já curado), com características mecânicas e físicas garantidas pelos seus produtores e com a forma corrente de perfis ou laminados, entre outros.

Substrato de Concreto - o substrato de concreto é definido como o concreto original e qualquer material cimentício utilizado para a reparação ou a recomposição do concreto original. O substrato pode ser constituído unicamente do concreto original ou inteiramente de materiais utilizados para reparação ou da combinação do concreto original e materiais de reparação. O substrato inclui a superfície sobre a qual será instalado o sistema compósito.

T

Tecidos - representam a forma geral dos sistemas de agrupamento de fibras em um reforço, através da disposição em forma de cloth (uni, bi ou multidirecional), de woven roving (bidirecional) ou de mat (multidirecional). O estado final do sistema pode apresentar-se seco ou pré-impregnado.

Temperatura de Transição Vítrea - ponto médio da variação de temperatura acima do qual os componentes resinosos da matriz polimérica do sistema compósito mudam do estado frágil para o estado dúctil.

Tempo de contato (open time) - é o intervalo de tempo entre o instante em que a mistura de resina é aplicada (sobre o concreto, FRP ou ambos) e o instante em que esta começa a endurecer e deixa de ser possível efetuar sua aplicação.

Tempo de cura - tempo necessário para polimerizar um sistema termorrígido ou pré-impregnado a uma determinada temperatura.

Tempo de utilização (pot life) - também denominado tempo de trabalho, é o intervalo de tempo, após a mistura da resina e catalisador, durante o qual, o material líquido é utilizável sem dificuldade. Esgotado o tempo de utilização, qualquer mistura de resina perde drasticamente suas características de aderência, motivo pelo qual não deve ser mais utilizada.

Tempo Útil de Emprego - refere-se ao período em que uma resina epoxídica já catalisada pode ser trabalhada com espátula ou rolete. Também é conhecido como tempo de trabalhabilidade.

Termoendurecíveis - tipo de matriz do polímero que não pode ser fundida nem dissolvida, depois de curada, como por exemplo, o poliéster insaturado, o epóxi, o viniléster e outras.

Termoestável - resina formada por uma ligação cruzada de cadeias poliméricas, não podendo ser derretida ou reorganizada através da aplicação de calor.

Termoplástico - tipo de plástico que pode, através de ciclos de aquecimento e resfriamento, ser repetidamente moldado e reciclado.

Tixotropia - propriedade do adesivo que permite seu amolecimento após agitação e endurecimento sob descanso. Materiais tixotrópicos apresentam elevada resistência estática ao

cisalhamento e reduzida resistência dinâmica ao cisalhamento ao mesmo tempo. Estes materiais perdem sua viscosidade sob tensão.

W

Woven roving - termo internacional para representar o tipo de tecido que resulta do entrelaçamento direcionado (bidirecionais: $0/90^\circ$ ou $0/\pm 45^\circ$) de dois fios ou faixa de fibras e cujo estado final do sistema pode apresentar-se seco ou pré-impregnado.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O concreto armado tem mostrado há mais de um século ser um material de construção de bom desempenho e adequabilidade estrutural na resistência aos esforços oriundos de ações solicitantes. Por um longo tempo pensou-se que as estruturas de concreto eram “eternas”, não havendo preocupação com a manutenção preventiva. O maior fator que contribuiu para este descaso estava relacionado com os sistemas construtivos utilizados, onde havia estruturas superdimensionadas e, por conseguinte, mais resistentes aos agentes agressivos. Porém, com o desenvolvimento das técnicas de cálculo estrutural, aliado à necessidade de projetar estruturas mais leves e econômicas, esses excessos que funcionavam como “material protetor” contra agentes agressivos, deixou de existir. A tradicional concepção do concreto armado como um material de grande durabilidade e resistência tem sido invariavelmente questionada devido ao surgimento de um número cada vez maior de manifestações patológicas, destacando-se principalmente as estruturas que estão mais expostas às ações agressivas do meio ambiente. Segundo Nepomuceno (1992), o principal fator de deterioração das estruturas de concreto armado é a interação do meio ambiente com o concreto. Esta interação ocorre através da penetração de agentes agressivos pelos poros do concreto. O que determina esse mecanismo de transporte no concreto é a configuração dos poros (tipo e distribuição do tamanho dos poros ou micro fissuras) e o seu preenchimento com água bem como as micro fissuras na matriz da pasta de cimento hidratado e da interface pasta agregado (NEVILLE, 1997). Além destes fatores intrínsecos do concreto ainda pode ocorrer a intervenção de fatores estruturais ou falhas de projeto.

Cascudo (1997) também considera que a estrutura porosa da pasta de cimento endurecida é o que influencia decisivamente no transporte de substâncias no interior do concreto. Segundo o autor, a interconexão dos poros determina a porosidade aberta, que possibilita o transporte das substâncias dentro do concreto; já a distribuição do tamanho dos poros interfere na velocidade de transporte. Os mecanismos de transporte no concreto dependem ainda das características físicas e químicas e da concentração superficial das substâncias que penetram no material, das condições ambientais, do grau de umidificação do concreto e da temperatura (NEPOMUCENO, 1992). Por outro lado, a capacidade de fixação

dos íons agressivos por parte do concreto, através de reações químicas ou da adsorção física, reduz o potencial agressivo destes. O ingresso de fluidos (líquidos e gases) e íons agressivos no concreto ocorre através da permeabilidade (infiltração ou penetração sob pressão externa), difusão (gradiente de concentração), absorção (pressão interna) e da migração (efeito de um campo elétrico). Estes mecanismos podem atuar simultaneamente, ou sucessivamente, ao longo do tempo, dependendo das condições de exposição (temperatura, umidade, dentre outras) a que o concreto esteja submetido. As pesquisas de campo indicam que obras executadas a partir da época em que as resistências dos cimentos e concreto elevaram-se, apresentaram problemas crescentes de deterioração. O aumento gradual do teor de C3S e da finura dos cimentos possibilitou o desenvolvimento de resistências iniciais mais elevadas, redundando em maior tendência à fissuração em concreto com baixa idade devido ao aumento da retração autógena e térmica, calor de hidratação e módulo de elasticidade (ISAIA, 2001).

Surgiu então uma nova realidade: a prevenção e manutenção dessas estruturas. Esta nova área de atuação dos engenheiros vem se intensificando cada vez mais nos últimos anos, devido ao elevado custo de novas construções. Assim, têm sido grandes os esforços que vêm sendo dedicados à conservação de obras existentes, o que tem feito crescer significativamente as atividades de recuperação e reforços na tentativa de restabelecer as condições de uso para as quais foram projetadas ou adaptá-las a novas condições.

Na segunda metade do século passado, observou-se um desenvolvimento e crescimento sem precedentes da infra-estrutura no âmbito mundial, o qual se reflete nas novas e cada vez maiores exigências que a sociedade gera. Isto motiva ainda mais o desenvolvimento da ciência e a tecnologia, o qual traz consigo um crescimento acelerado na indústria da construção para aplicar novos métodos e técnicas. Somente há duas décadas que se tem dado a devida importância e atenção à criação de programas de manutenção, reabilitação e proteção de grandes estruturas, com um interesse não somente no que diz respeito à segurança, mas também à economia e estética. Estes programas cresceram quase em paralelo com outros programas, como os programas ambientais e de preservação da natureza. O ritmo de progresso cada vez mais acelerado nos países industrializados traz consigo a necessidade de gerar uma nova infra-estrutura e esta, por sua vez, gera a necessidade de sua manutenção; por tal motivo criaram-se técnicas de reparo e reforço que continuamente vão diminuindo tempos de execução em obra e, por outra parte, procura-se efetuar reabilitações ou reparos mais duradouros e econômicos com uma maior eficiência estrutural.

Em resposta a essa necessidade, surgiram novas tecnologias para o reforço estrutural. Os materiais compostos formados pela combinação de dois ou mais materiais com características mecânicas diferentes, porém muito eficientes, por mais de 30 anos vinham sendo utilizados principalmente na indústria aeronáutica. Posteriormente seu campo de aplicação foi-se estendendo: indústria naval, indústria automobilística, telecomunicações, etc.

A utilização de PRF (polímeros reforçados com fibras) para o reforço estrutural ainda tem uma história curta, e é necessário um maior número de ensaios adicionais e suporte com dados analíticos para que seja consolidada e ampliada a sua utilização.

Hollaway (2004) relata que em meados dos anos 80, no EMPA (Laboratório Suíço de Materiais) em Zürich, por iniciativa do Professor Urs. Meier, iniciaram-se ensaios para a utilização dos materiais compostos como reforço externo em elementos de concreto armado. Até esse momento a técnica de colagem de chapas de aço com resina epóxi era uma das mais utilizadas para este fim. A intenção das investigações era substituir a chapa pelos materiais compostos, devido às suas melhores propriedades mecânicas, facilidade de aplicação e leveza. Dentre os diferentes tipos de fibras (carbono, vidro, aramida) que podiam servir para este uso, optou-se por utilizar as de carbono porque apresentam um módulo de elasticidade mais alto, compatível com as deformações do concreto armado. Tanto as fibras de vidro como as de aramida, apesar de serem substancialmente mais baratas, fornecem propriedades muito inferiores e as fibras de vidro sofrem não resistem ao ataque de materiais alcalinos. E, em relação às matrizes, a mais compatível com as fibras de carbono demonstrou ser a resina epóxi. É a que melhor aglutina-se com as fibras e a que mais aderência tem a elas. Ademais apresenta uma cura sem retração, o qual é importante para o uso ao que vai ser destinado. No EMPA, até 1991, realizaram-se ensaios para comprovar a possibilidade da utilização dos laminados PRFC (Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono). Em 1991 executou-se a primeira obra real. Reforçou-se a ponte Ibach em Lucerna (Suíça). Ao longo dos anos seguintes foram realizados alguns reforços em diferentes estruturas, de uma maneira ainda experimental. Em 1995 começou-se a utilizar este tipo de sistema de uma maneira sistêmica. Começou-se a comercializar os primeiros sistemas de reforços por diferentes empresas, principalmente na Suíça e Alemanha.

A utilização de PRF na América Latina encontra-se atrasada em relação ao Japão, Europa e Estados Unidos, onde inúmeros comitês de organizações profissionais reuniram-se e

publicaram códigos normativos, boletins, recomendações e guias para projetos. Serão nomeados alguns documentos normativos que foram mais citados na revisão bibliográfica.

Em 1995, no Japão, a *Japan Society of Civil Engineers (JSCE)* publicou as primeiras normas para a utilização de PRF na reabilitação de estruturas de concreto e em 1997 foi publicada a norma *Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials*.

A *International Conference of Building Officials (ICBO)* dos Estados Unidos publicou em 1997 o documento *AC 125 - Acceptance Criteria for Concrete and Reinforced and Unreinforced Masonry Strengthening Using Fiber-Reinforced Composite Systems* - onde além dos critérios são fornecidos guias para projeto.

O Comitê da Sociedade de Concreto do Reino Unido, *British Concrete Society*, no ano 2000, publicou o Boletim Técnico nº 55 *Design Guidance for Strengthening Concrete Structures Using Fibre Composite Materials*.

O *American Concrete Institute (ACI)*, Comitê 440, publicou em 1996, o boletim técnico que apresenta o estado da arte existente na indústria e a filosofia de projeto básica *State-of-the-art Report on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures*. Em 2002, com a finalidade de melhorar as recomendações para projeto e as técnicas de construção que utilizam materiais compósitos para o reforço do concreto, foi publicado o documento ACI 440.2R-02 *Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures* no qual se estabelecem recomendações para projeto e técnicas de construção para o uso de PRF no reforço do concreto. O projeto com reforços de PRF, como é discutido pelo ACI 440, segue os mesmos princípios básicos de equilíbrio e comportamento constitutivo utilizado para o concreto convencionalmente reforçado. Entretanto, a metodologia explícita para resolver muitos aspectos importantes, tais como aspectos de ancoragem do PRF, reforço de elementos protendidos, reforço à torção, não estão definidos.

A *Fédération Internationale du Béton (fib)* publicou, em julho de 2001, o Boletim 14, Task Group 9.3, *Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures*. Este boletim trata-se de um ícone europeu internacional.

Em 2004, o *Italian National Research Council (CNR)* publicou o código normativo *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures* (CNR-DT 200/2004). O propósito desta norma era prover, dentro dos regulamentos italianos, um documento para o projeto e construção de sistemas de PRF colados externamente para reforço de estruturas existentes.

Os laboratórios do *Swiss Federal Materials and Research Laboratories (EMPA)*, dentre outros institutos de nível internacional, inovaram as pesquisas com materiais compostos e publicaram uma série de boletins com os resultados obtidos.

O conhecimento e manejo dos materiais compostos como material estrutural é de alto interesse na construção, reforço e reparo de estruturas, tal como mostra a maioria dos trabalhos experimentais realizados até a presente data. As pesquisas têm dado maiores enfoques para estudos de reforço e recuperação por solicitações à flexão, sendo que o número de investigações concernentes ao reforço e reparo por solicitações ao esforço cortante sobre elementos estruturais é bem menor. A aplicação de PRF como material de reforço ou reparo em vigas de concreto armado submetidas a esforços cortantes é o tema central sobre o qual foi realizado este trabalho. A importância do reforço ao cortante é que este pode ser considerado mais crítico que o reforço à flexão, uma vez que os colapsos por esforço cortante ocorrem sem advertir de antemão (subitamente) e são mais catastróficos comparados com os colapsos por flexão, as quais são geralmente mais progressivos e proporcionam um amplo período de tempo que avisa antes da ruptura. Dentre as deficiências estruturais relativas ao esforço cortante pode-se citar: a execução de um reforço insuficiente, o uso de normas antiquadas, uma redução na área de aço devido à corrosão, ou um aumento no ônus de serviço devido à mudança do tipo de serviço da estrutura. (AVILÉS, 2004)

1.1. JUSTIFICATIVA

A implementação em larga escala de uma nova tecnologia tem sempre como regra superar uma série de problemas. O aço e o concreto também sofreram, tempos atrás, o mesmo destino e, depois de longas séries de projetos-pilotos, pesquisas internacionais e refinamentos tecnológicos, ganharam um lugar entre os materiais permitidos nas novas construções.

Aqueles que hoje projetam e realizam obras com PRFC precisam confiar em experiências maduras de pesquisas que empregam métodos de cálculo refinados, comparados com ensaios experimentais ou modelos.

O reforço de estruturas ao cisalhamento com sistemas de PRFC, segundo Martinez (2005), dentre outros, deve ser feito colocando-se as fibras de carbono como estribos externos, aderidos por resina epóxi. Para realizar este tipo de reforço pode-se utilizar tanto os sistemas com tecidos como os laminados pré-fabricados em forma de “L”. Nos dois casos trata-se de envolver total ou parcialmente o elemento a reforçar.

Tem-se demonstrado que a resistência ao esforço cortante de uma viga aumenta, se esta for envolvida parcial ou totalmente com fibra de carbono. Segundo Herrero (2005), o aumento de resistência depende de vários fatores, dentre os quais se destacam a configuração da envoltura, a quantidade e o tipo de fibra, a resistência do concreto original, a natureza das cargas e as condições dos apoios. O estado limite último de um elemento de concreto estrutural para o esforço cortante é garantido comprovando-se que a contribuição do reforço da alma mediante reforços com fibra de carbono tem uma formulação similar à do aço convencional dos estribos, isto é, envolvem-se as fibras transversalmente ao redor de uma seção de concreto. O método mais eficaz para o reforço ao cortante é envolver toda a viga com compostos de fibra de carbono. Habitualmente esta disposição não é facilmente executável na prática devido à presença de lajes ou outros elementos apoiados. Um dos métodos mais comuns é envolver os lados e a parte inferior da seção em forma de “U”. Também é possível reforçar colando-se o reforço em ambos os lados da viga, ainda que a eficácia desta disposição possa ser limitada por deficiências de ancoragem na lâmina de fibra de carbono. A orientação da fibra por outro lado pode otimizar o reforço utilizando uma disposição a 45°, ainda que requeira especial atenção a sua correta orientação e uma maior dificuldade de colocação e comprimento de envoltura. A tensão do material de reforço deve limitar-se a um valor que corresponda ao obtido na sua equação constitutiva para um valor de deformação que cumpra a compatibilidade. Este requisito garantirá um controle adequado do estado de tensões da armadura em serviço e, conseqüentemente, da fissuração correspondente.

De Lorenzis *et al* (2000) utilizaram barras de PRFC inseridas na superfície do concreto de recobrimento nas faces laterais de vigas T. Esta técnica tem sido aplicada com sucesso no reforço à flexão de vigas e pilares (Ferreira 2000, Barros 2002 e Barros *et al* 2003). Na técnica de reforço ao cisalhamento proposta em seu trabalho, Dias (2004) insere

lâminas de PRFC em ranhuras efetuadas no concreto de recobrimento das faces laterais das vigas que serão reforçadas. A fixação dos laminados de PRFC é efetuada por intermédio de adesivo epoxílico. Nesta técnica, a área de colagem do laminado é duplicada em relação às técnicas de reforços comuns com PRFC, o que pretende permitir o aumento do grau de fixação do laminado no concreto, podendo-se obter tensões mais elevadas no PRFC e na ruptura do elemento reforçado.

Uma outra técnica de reforço ao cisalhamento proposta é a que se baseia na utilização de laminados de PRFC em forma de L. Com o objetivo de melhorar a aderência do reforço à superfície de concreto, os laminados pré-fabricados em forma de L são rugosos e apresentam na zona de extremidade que deverá ser inserida na laje, tratamento diferente que aumenta o grau de fixação do laminado no concreto. Ensaio realizados em vários programas experimentais no *Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research* (EMPA) sobre vigas de concreto armado com seção T, reforçadas ao cisalhamento com laminados de PRFC pré-fabricados em forma de L, permitiram chegar às seguintes conclusões segundo Czardeski *et al.*(2003):

- i) Utilizando sistema Sika[®]CarboShearL o modo de ruptura frágil, por cisalhamento na viga, pode ser convertido em modo de ruptura dúctil, por flexão, com cedência das armaduras longitudinais;
- ii) O reforço proporciona aumentos da capacidade de carga da estrutura;
- iii) O reforço com PRFC-L pode ser usado para melhorar o comportamento de serviço, dado que permite diminuir a deformação da viga, os alongamentos nos estribos e a abertura de fissuras;
- iv) Pode ocorrer colapso por descolamento do sistema de reforço.

Pellegrino e Modena (2002 e 2006), através de estudos experimentais comprovaram que existe uma interação entre o reforço externo e a armadura transversal, (atualmente não considerada em nenhuma recomendação de dimensionamento), que influencia na eficiência da técnica de reforço. Os autores supracitados e Chaallal (2004) afirmaram que os valores experimentais do PRF relativos à contribuição ao cisalhamento (V_f) obtidos são sempre menores que as propostas analíticas da fib Task Group 9.3 (2001) e do Comitê do ACI 440 (2002). Por outro lado, a contribuição ao cisalhamento do aço (V_{sw}) é sempre maior que o

calculado de acordo com as recomendações do Eurocode, ACI-318M e CNR-DT 200/2004. Entretanto a resistência ao cisalhamento nominal total (V_n) obtida através da soma de todas as contribuições (concreto, aço e reforço), constantes nos códigos e recomendações normativas atuais, se aproximaram relativamente bem dos valores experimentais, o que não acontecia quando são estimados separadamente.

Esta pesquisa analisou quatro sistemas de reforços ao cisalhamento em vigas de concreto armado: sistemas laminados em tiras, laminados em L, laminados embutidos no concreto e faixas de tecido de PRFC. Muitos destes sistemas constam na literatura existente, mas foram avaliados separadamente. Diversos pesquisadores utilizaram diferentes espécimes com variações nas dimensões, armaduras longitudinais e transversais, taxas de armadura, vãos de cisalhamento, tipos de colapso, resistências à compressão do concreto, configurações de colagem do reforço dentre outros, devendo-se observar ainda, que foram avaliados por equipamentos diversos. A utilização de vários sistemas de reforços em protótipos iguais intencionava fornecer maiores argumentos qualitativos e quantitativos permitindo um maior potencial de conhecimento sobre os tipos de reforços ao cisalhamento com sistemas de PRFC apresentados neste estudo.

Também se destaca nesta pesquisa um estudo realizado em vigas com armadura transversal reforçadas ao cisalhamento com lâminas de PRFC. A literatura específica nada menciona sobre a diferença da posição de colagem externa das lâminas de reforço, sobre ou entre os estribos que foram recobertos por concreto.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Esta tese tem como objetivo geral investigar experimentalmente a eficiência de materiais compostos de PRFC em sua aplicação como material estrutural de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado não carregadas previamente.

1.2.2. Específicos

Para alcançar o objetivo geral desta tese, delinearam-se outros objetivos de caráter específico, que buscam:

- i) Levantar o “Estado da Arte” sobre reforço estrutural ao cisalhamento em vigas de concreto armado, através de pesquisa bibliográfica nacional e internacional atualizada.
- ii) Descrever as diversas formas de aplicação de materiais compostos na reabilitação e reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado.
- iii) Conhecer as limitações que outros pesquisadores estão enfrentando na atualidade quanto à aplicação, reforço e comportamento de laminados e tecidos de PRF aplicados em estruturas de concreto armado que trabalham sob as ações de tensões tangenciais.
- iv) Estabelecer uma estratégia experimental para avaliação do comportamento de todos os elementos que compõe a viga reforçada (concreto, aço e PRFC).
- v) Avaliar a eficiência e confiabilidade do reforço a cortante proporcionado pela aplicação de materiais compostos no estudo experimental.
- vi) Comparar técnicas de reforço por colagem de laminados de PRFC em vigas de concreto armado com técnicas que utilizam faixas de tecido deste compósito.
- vii) Comparar sistemas de reforços com PRFC que utilizam os laminados embutidos e não embutidos nas faces das vigas.
- viii) Comparar a posição dos sistemas de laminados de PRFC colados nas faces das vigas sobre ou entre os estribos internos.
- ix) Criar um banco de dados que poderá ser útil para a análise computacional ou para o desenvolvimento e verificação de modelos teóricos do comportamento do PRFC utilizado como reforço ao cortante.

1.3. ESTRUTURA DA TESE

Esta tese é formada por sete capítulos, incluindo a introdução e as conclusões finais além das referências bibliográficas e de dois apêndices. No capítulo 2, apresentam-se, detalhadamente, as principais características dos materiais compostos, suas propriedades físicas, mecânicas e as principais configurações de colagem dos sistemas de reforços com PRFC utilizadas atualmente. Mostra-se no capítulo 3 o estado do conhecimento relacionado

com o assunto da tese onde se introduzem diferentes modelos conceituais e de dimensionamento de reforços ao cisalhamento com sistemas de PRFC. São revisados os trabalhos mais relevantes existentes na literatura que tiveram como objetivo analisar experimental, analítica e computacionalmente várias técnicas de reforços com sistemas de PRFC. A revisão bibliográfica realizada mostra que há carência de estudos experimentais sistemáticos sobre reforço ao cisalhamento com sistemas de PRFC. Evidencia também, a grande diferença existente entre os valores de taxas e técnicas de reforço propostos em diversos modelos de dimensionamento encontrados na literatura.

Descreve-se no capítulo 4 as teorias sobre o cisalhamento em vigas de concreto armado, os mecanismos de ruptura, os tipos de ruptura para vigas sem e com armadura transversal. São expostos ainda, critérios para dimensionamento de reforço ao cisalhamento com PRFC segundo códigos normativos do ACI 440 (2003), do *Bulletin* 14-fib (2001), proposições de De Lorenzis (2002) para laminados inseridos no concreto de recobrimento e recomendações do EMPA (2003) para laminados em forma de L. No capítulo 5 detalha-se o programa experimental e os critérios que se seguiram durante esta fase da investigação. São descritos detalhadamente a geometria das vigas, as propriedades dos materiais, a fabricação das vigas, os sistemas de reforços avaliados, as técnicas de aplicação dos mesmos, o esquema de ensaio e a instrumentação utilizada.

Os resultados obtidos no programa experimental, realizado no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade Estadual de Maringá, são mostrados no capítulo 6. A elevada quantidade de informações obtidas nos ensaios foi organizada e encontra-se sob forma de gráficos e tabelas. Na seqüência, são apresentadas discussões e avaliações sobre o comportamento das vigas de concreto armado que foram reforçadas ao cisalhamento com materiais compostos de fibras de carbono. As conclusões finais, obtidas a partir da experiência ganha em decorrência deste estudo, encontram-se no capítulo 7. Ademais, apresentam-se algumas sugestões para realizar futuras linhas de investigação, dando assim continuidade a este trabalho.

CAPÍTULO 2

COMPÓSITOS DE PRF

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O uso de materiais compostos de PRF foi introduzido com enorme sucesso na indústria naval, aeroespacial e automobilística. Em 1930 o primeiro produto de PRF, a casca de um barco em fibra de vidro, foi manufaturado. O uso de compósitos de PRF dentro da indústria de defesa iniciou-se em 1940. Pesquisas sobre a tentativa da utilização de PRF para reforçar concreto foram realizadas na década de 50 e em 1960 a comercialização de PRF se expandiu na área de artigos esportivos. A primeira comercialização de PRF para concreto foi feita em 1970.

Na última década tem-se assistido a grandes descobertas das potencialidades da aplicação destes materiais. A Figura 2.1 exibe a distribuição atual da produção de compósitos de PRFC no mundo.

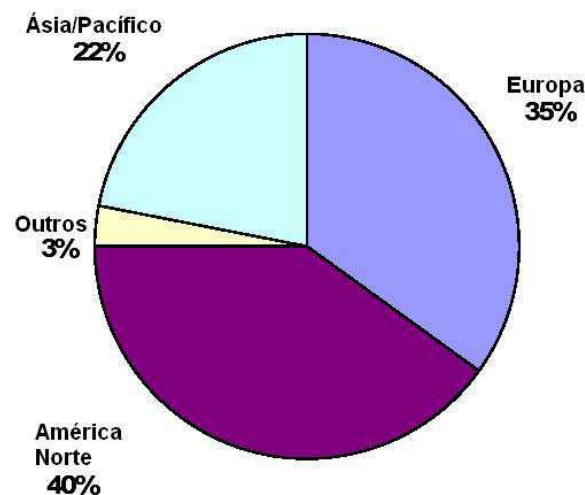


Figura 2.1 - Produção de compósitos de fibra de carbono no mundo (BECKWITH e MUTEL, 2005).

A evolução da demanda até o ano de 2010 em diversos mercados como a indústria aeronáutica, esportes e indústria de produtos é simulada na Figura 2.2 (TORAY, 2007).

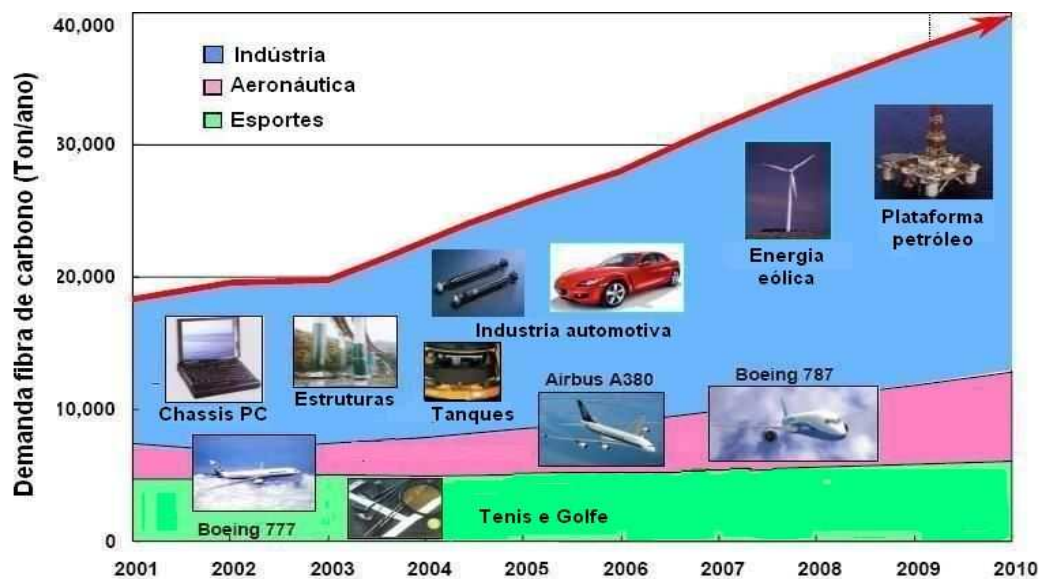


Figura 2.2 - Expansão do mercado de fibras de carbono (TORAY, 2005)

No entanto, a sua implementação na construção civil é mais recente em virtude do pouco conhecimento técnico, da ausência de normas e do preço elevado dos materiais. Contudo, na última década tem-se assistido a um enorme esforço da comunidade científica nacional e internacional para avaliar as verdadeiras potencialidades da aplicação destes materiais no reforço de estruturas. Tal esforço tem conduzido a uma crescente utilização destes materiais na construção civil. Red (2006), com base nos dados fornecidos pela CIS (*Composites Industry Statistics*), apresenta uma distribuição da utilização dos compósitos de PRFC na indústria de produtos de engenharia conforme mostra a Figura 2.3.

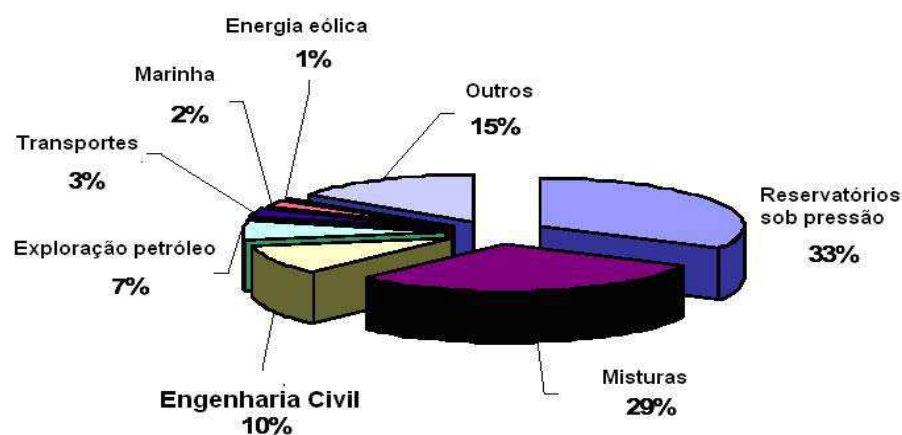


Figura 2.3 – Demanda de fibras de carbono nos Estados Unidos (RED, 2006)

A Tabela 2.1 mostra a quantidade do material PRF consumida no mundo *per capita* segundo o SPI *Composites Institute*.

Tabela 2.1 - Comparação do consumo *per capita* de material PRF no mundo.

| Kg per capita | | | Kg per capita | | |
|---------------|------------------|------|-------------------------|-----------------------|-------------|
| Europa | Áustria | 4.10 | América do Norte | Canadá | 2.90 |
| | Bélgica | 4.60 | | Estados Unidos | 6.50 |
| | Dinamarca | 4.90 | | México | 0.71 |
| | Finlândia | 5.10 | | | |
| | França | 4.70 | América do Sul | Argentina | 0.97 |
| | Alemanha | 3.20 | | Brasil | 0.64 |
| | Grécia | 2.00 | | Chile | 0.48 |
| | Irlanda | 3.00 | | Colômbia | 0.22 |
| | Itália | 4.40 | | Venezuela | 0.65 |
| | Luxemburgo | 6.40 | | Outros | 0.18 |
| | Países baixos | 4.50 | | | |
| | Portugal | 2.90 | Ásia | China | 0.22 |
| | Espanha | 4.60 | | Japão | 5.29 |
| | Suécia | 4.50 | | Coréia do Sul | 1.52 |
| | República Tcheca | 1.75 | | Malásia | 1.10 |
| | Outros | 1.25 | | Nova Zelândia | 2.00 |
| | | | | Taiwan | 4.30 |
| | | | | Outros | 0.15 |

2.2. UTILIZAÇÃO DE COMPÓSITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na engenharia civil, a utilização de compósitos pode ser dividida da seguinte forma:

a) Reabilitação: que consiste na restauração da capacidade estrutural de um elemento danificado para a situação anterior a manifestação do processo de degradação ou sinistro.

b) Novas construções: com aplicação de PRF e com novos sistemas compósitos de concreto-PRF.

Os estudos sobre reforço de estruturas de concreto com compósitos foram iniciados na década de 90 e a utilização desta técnica tem crescido rapidamente nos últimos 10 anos. Os materiais compostos avançados competem diretamente com as técnicas de reforço tradicionais, como alargamento da seção transversal, protensão externa e placas de aço coladas externamente (NANNI, 1999).

Os compósitos com PRF oferecem muitas vantagens em relação a outros materiais para reforço como: excelente resistência à corrosão, resistência aos agentes ambientais, alta relação rigidez-peso e resistência-peso e fácil aplicação.

O aparente alto custo dos PRF em comparação com as técnicas convencionais é o maior obstáculo para o emprego dos PRF como material de reforço de estruturas, porém a comparação com base no preço unitário não é apropriada. Quando o custo da instalação é levado em consideração, o material composto pode competir com os materiais convencionais. O baixo peso dos PRF reduz as despesas com transporte e alguns sistemas pré-fabricados reduzem o tempo no local de trabalho. Se a comparação inclui custos de ciclo de vida, os PRF podem ter uma vantagem significativa (TALJSTEN, 2003).

A seguir descrevem-se algumas utilizações dos sistemas de reforço em PRFC na construção civil para o reforço em vigas, lajes, paredes, pilares, chaminés, reservatórios, silos, tanques, túneis e tantos outros elementos estruturais sujeitos à deterioração, acréscimo nos carregamentos previstos ou deformações excessivas causadas por mudança de utilização, erros de projeto ou construção, alteração das normas, reabilitação após abalos sísmicos ou após incêndio. (SIKA 2003)

Quando aplicado em vigas de concreto, conforme ilustrado na Figura 2.4, o sistema em PRFC pode reforçar à flexão, ao cisalhamento e à torção. A utilização do reforço em vigas inclui:

- i) pontes: moldadas “*in loco*” ou pré-fabricadas, metálicas, vigas compostas de madeira laminada colada;
- ii) estruturas de estacionamento;
- iii) aplicações industriais: apoios para equipamentos, estruturas elevadas.

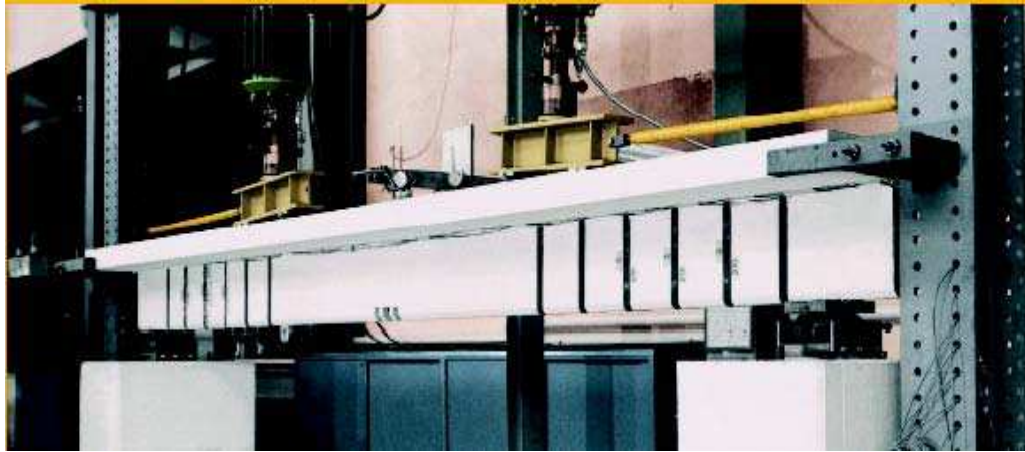


Figura 2.4 - Viga reforçada ao cisalhamento no EMPA (SIKA, 2003).

O sistema de reforço é indicado para aumentar a resistência à flexão e à força cortante no reforço de paredes de concreto ou alvenaria com cargas excessivas paralelas ou perpendiculares às mesmas, bem como sujeitas a impactos provenientes de explosões. Nas paredes, a utilização do reforço inclui: paredes de concreto, alvenaria ou pré-moldadas; parede submetida a recalque diferencial; parede de tanque; muro de arrimo; poço de elevador; estrutura industrial exposta a cargas de explosão e melhorias para combater abalos sísmicos.

O reforço com PRFC aumenta a resistência à flexão e à compressão por confinamento quando aplicado em pilares, Figura 2.5. O sistema de reforço com fibras de carbono é ideal em aplicações para carregamento contínuo. Quando aplicado em pilares, o sistema de reforço inclui:

- i) recomposição após abalos sísmicos;
- ii) pontes, edifícios, ancoradouros.

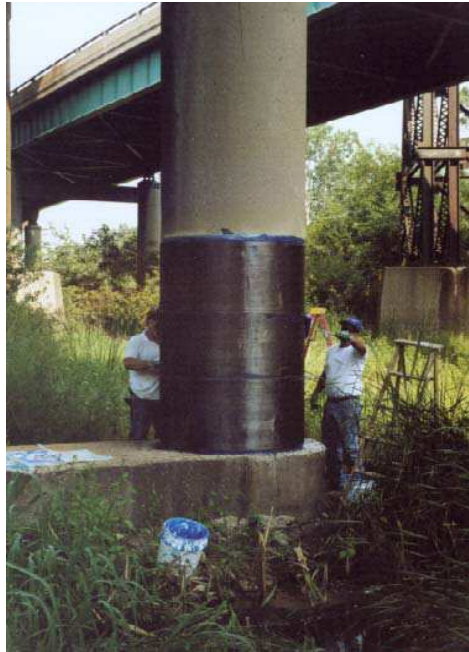


Figura 2.5 - Encamisamento de pilar (MASTER BUILDERS, 2001)

Em tubulações ou túneis, quando ocorre excesso de carga lateral, o reforço estrutural com PRFC é utilizado para diminuir a curvatura e o esforço circunferencial.

A Figura 2.6 ilustra a inclinação excessiva em chaminés devida à carga de vento (a) e o reforço estrutural com PRFC executado para aumentar a resistência à compressão por confinamento (b).

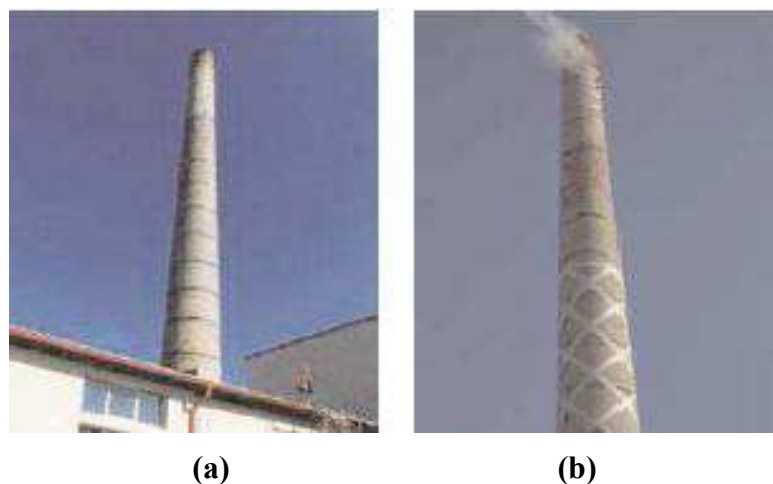


Figura 2.6 – a) Chaminé antes do reforço e b) após reforço (MASTER BUILDERS, 2001).

O reforço estrutural com PRFC é utilizado em silos e tanques para eliminar o excesso de esforço circunferencial que provoca propagação de trincas em estruturas hidráulicas.

Com o sistema de reforço em PRFC aplicado externamente nas lajes, orientado em uma ou duas direções, as cargas sobre as lajes podem ser aumentadas e as deformações podem ser controladas. Conforme ilustra a Figura 2.7, a aplicação de fibras ao longo da face interior da laje melhora tanto sua capacidade de carga como também diminui a sua deformação permitindo que esta absorva maiores momentos positivos. A aplicação do reforço em lajes inclui:

- i) lajes de pontes, lajes de pisos em concreto;
- ii) pisos de estacionamento;
- iii) aplicações industriais como pisos de processamento e lajes elevadas.



Figura 2.7 - Reforço em lajes (MASTER BUILDERS, 2001).

Para poder entender e prever até certo ponto o comportamento dos materiais compostos é necessário conhecê-los um pouco mais, tanto nas características dos materiais como no comportamento destes durante seu processo de aplicação, sem necessidade de entrar necessariamente em aspectos muito complexos de engenharia química.

2.3. DEFINIÇÃO

Um compósito é um material estrutural formado pela união de dois ou mais materiais de naturezas diferentes. Os constituintes são combinados ao nível macroscópico sendo que um deles é denominado de fase de reforço e o outro é responsável pela

impregnação do reforço, conhecido como matriz (Figura 2.8). O material resultante possui comportamento superior àquele de seus componentes tomados separadamente. O material utilizado no reforço geralmente é um arranjo de fibras, contínuas ou não, de um material resistente que são impregnadas em uma matriz com resistência mecânica inferior às fibras.

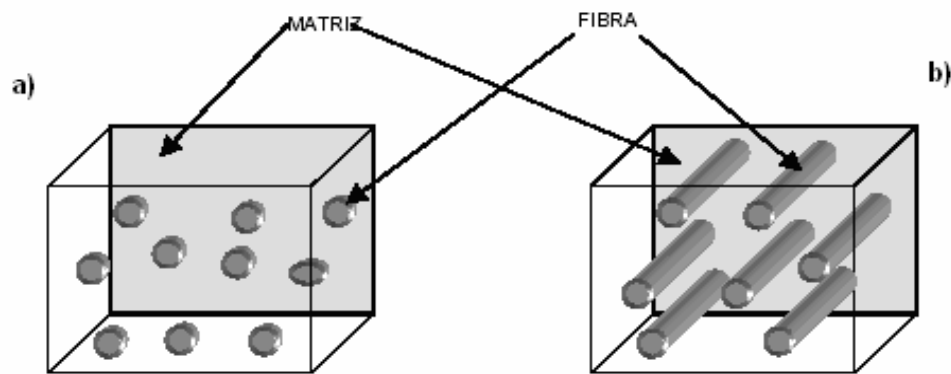


Figura 2.8-Compósitos reforçados com a) partículas e com b) fibras (CNR-DT-200/2004)

Os compósitos são constituídos essencialmente por duas fases, conforme ilustra a Figura 2.9. Uma delas, as fibras, apresenta grande resistência, elevado módulo de elasticidade e tem a forma de filamentos de pequeno diâmetro. A outra fase é macia e tem características sinérgicas e denomina-se matriz. Esta última, sendo relativamente dúctil, envolve completamente a primeira fase, permitindo boa transferência de tensões entre as fibras interlaminares e no plano (conceito de sinergia).

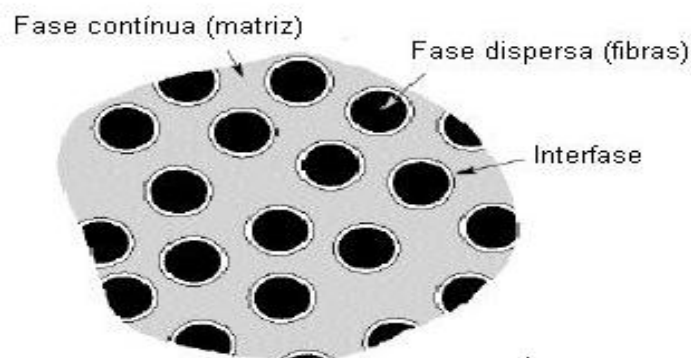


Figura 2.9 - Representação esquemática das fases constituintes de um compósito (CNR-DT-200/2004)

Da conjugação destas duas fases nasce a verdadeira força geradora dentre os compósitos reforçados com fibras e as suas relevantes propriedades mecânicas, físicas e químicas quando comparados com os homólogos tradicionais. Embora o comportamento

global de um compósito esteja condicionado pelo critério de composição, pelo processo de fabricação e pelos objetivos estruturais na fase de utilização, apresenta propriedades potenciais de interesse para a engenharia. Estas propriedades são: as elevadas resistência e rigidez, o seu baixo peso específico, a excelente resistência à agressividade ambiental, bem como a possibilidade em admitir propriedades direcionais a nível estrutural, elétrico e magnético, variáveis de acordo com a conveniência (HULL, 1987).

Os polímeros reforçados apresentam, hoje, uma variedade significativa de produtos, sendo admissível estabelecer dois grupos distintos subjacentes à natureza termoendurecível ou termoplástica da sua matriz. Um polímero designa-se termoendurecível quando, curado pela ação de calor ou do tratamento químico, se transforma num produto substancialmente infusível e insolúvel, com uma estrutura molecular tridimensional complexa. Por outro lado, um polímero é termoplástico quando pode tornar-se, repetidamente, num produto plástico quando aquecido e num produto rígido quando frio, para além de possuir uma estrutura molecular disposta segundo uma forma linear (MALEK E SAADATMANESH, 1998).

Como existem outros setores de pesquisa na linha geral dos compósitos, na engenharia civil, para se distinguir a técnica dos concretos *de elevado desempenho com fibras curtas* da técnica de uso dos *compósitos reforçados com fibras*, a literatura internacional passou a designar os últimos pela sigla PRF, "*Fiber Reinforced Plastic (Polymer)*". Este tipo de compósito é utilizado no reforço ou reabilitação de estruturas da construção civil com vantagens únicas, cuja designação em língua portuguesa é PRF, *Plásticos Reforçados com Fibra*.

2.4. ARQUITETURA DOS COMPÓSITOS

A forma geral de um compósito depende de pressupostos como a definição do objetivo principal a que se destina e a estimativa do custo real da sua produção. Este último, com preponderância significativa na seleção do referido produto, tem justificado, recentemente, o incremento na investigação de formas simples e de processos automáticos de fabricação (Pultrusão), com vista a torná-lo mais competitivo em relação aos materiais tradicionais. Admitindo, como parâmetros de base, a configuração geométrica espacial e a disposição das fibras no produto final, os compósitos de PRF podem ser classificados, quanto à forma, em três grandes grupos (Figura 2.10). Nos primeiros, incluem-se produtos,

essencialmente com a forma linear e comportamento unidirecional, como, por exemplo, os fios entrelaçados, os cabos destinados a sistemas de protensão, as barras obtidas por pultrusão com superfície lisa ou com tratamento superficial de aquisição de rugosidade e, ainda por pultrusão, os perfis compósitos como cantoneiras, "I" ou outros. Integrados neste grupo com comportamento unidirecional, exceto se as fibras não apresentarem uma disposição contínua longitudinal, são igualmente mencionáveis as chapas ou placas de espessura variável, utilizadas em reforços estruturais.

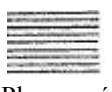
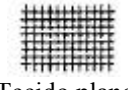
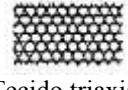
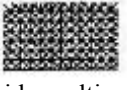
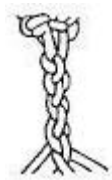
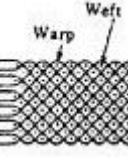


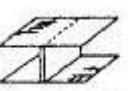

| Eixos Elementos | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
|--------------------|--------|---|---|---|---|---------|---------|
| | | Moni-axial | Biaxial | Triaxial | Multi-axial | | |
| 1D | | Barras (pultrusão) | — | — | — | | |
| 2D | |  Placas pré-impregnadas |  Tecido plano |  Tecido triaxial |  Tecido multi-axial | | |
| 3D | Linear |  Entrelaçado 3D |  Tecido multi-forma |  Tecido triaxial 3D | 4 axial | 5 axial | 6 axial |
| | Plano |  Tecido laminar |  Viga I ou H |  Forma de favo | Tecido multi-axial | | |

Figura 2.10- Configuração das fibras para materiais compósitos (NANNI *et al.*, 1993).

Com uma forma dominante plana, surge o segundo grupo de compósitos, cujas propriedades principais estão orientadas segundo duas quaisquer direções pré-estabelecidas pelo sistema de disposição das fibras. Desse modo, comercializam-se produtos como sistemas em grelha constituídos por barras de material compósito, películas ou placas de PRF com o reforço disposto segundo orientações tecidas e, ainda, algumas formas de composição em sanduíche.

Por fim, nos compósitos de PRF multidirecionais está subjacente o princípio do comportamento e da forma espacial do produto, com o objetivo principal de aplicação em

estruturas de grande porte. Por exemplo, as estruturas híbridas tridimensionais são constituídas simultaneamente por material compósito reforçado e por materiais correntes, cujas secções podem ser cheias ou vazadas (JUVANDES, 1996).

Também se incluem neste grupo, as estruturas com forma espacial resultantes da composição de perfis unidirecionais indicados no primeiro grupo.

2.4.1 Componentes constituintes de um material composto avançado

2.4.1.1. Fibras

A fibra é o elemento constituinte que confere ao compósito suas características mecânicas: rigidez, resistência à ruptura, etc. As fibras podem ser curtas de alguns centímetros que são injetadas no momento da moldagem da peça, ou longas e que são cortadas após a fabricação da peça.

As fibras podem ser definidas como sendo unidirecionais, quando orientadas segundo uma mesma direção; bidimensionais, com as fibras orientadas segundo duas direções ortogonais (tecidos), ou com as fibras orientadas aleatoriamente (esteiras), e tridimensionais, quando as fibras são orientadas no espaço tridimensional (tecidos multidimensionais). (Figuras 2.11 e 2.12)

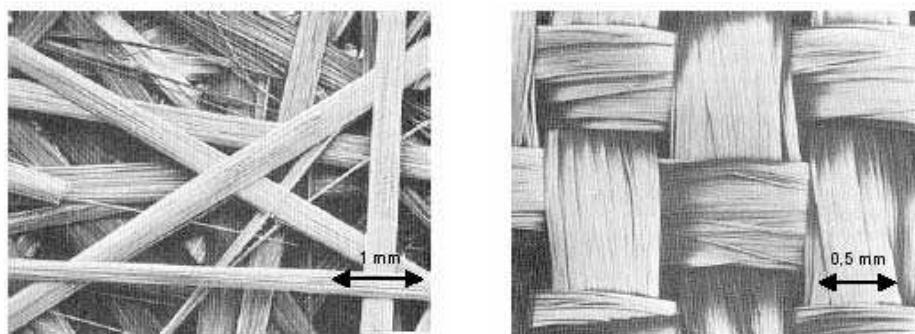


Figura 2.11-Micrografia de tecido de feixes antes da infiltração da resina. (HULL, 1987)

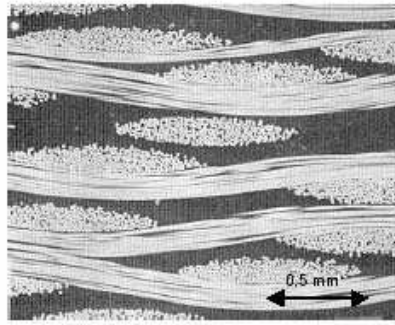


Figura - 2.12 - Fotogrametria de uma seção de laminado de tecido com feixes paralelos a um conjunto de fibras.(HULL, 1987)

A direção principal das fibras mostra a Figura 2.13, leva ao valor máximo da resistência e rigidez do compósito, e esses valores vão diminuindo ao se afastar da direção principal até o mínimo que corresponde à direção perpendicular àquela.

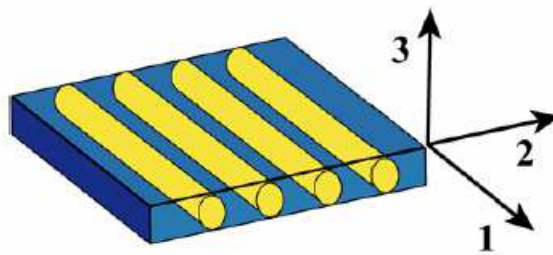


Figura 2.13 – Eixos de referência para uma lâmina unidirecional de PRF (CNR-DT-200/2004)

Vários tipos de fibra, com grande variedade de propriedades, estão disponíveis comercialmente. Os laminados e tecidos constituídos de fibras longas (contínuas) e de pequeno diâmetro são os mais adequados para o reforço de estruturas de concreto pela ótima capacidade de transferência de carga e de aproveitamento de suas propriedades.

As fibras contínuas mais utilizadas atualmente são as de vidro, as de aramida, (ou Kevlar) e as de carbono. As propriedades físicas e mecânicas variam consideravelmente entre os diferentes tipos de fibra e podem variar significativamente também para o mesmo tipo de fibra. A Tabela 2.2 mostra a variação das propriedades físicas e mecânicas de diversas fibras e a Figura 2.14 faz uma comparação do diagrama tensão x deformação das mesmas com o do aço.

Tabela 2.2 – Propriedades típicas dos principais tipos de fibra (MATTHYS, 2000)

| Tipos de Fibras | | Resistência à tração (MPa) | Módulo de elasticidade (GPa) | Deformação última (%) | Peso específico (Kg/m ³) | Diâmetro da fibra (μm) |
|-----------------|--|----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Carbono (C) | Tipo PAN*- com alta resistência (HS) | 3500-5000 | 200-260 | 1.2-1.8 | 1700-1800 | 5-8 |
| | Tipo PAN*- com alto módulo de elasticidade (HM) | 2500-4000 | 350-700 | 0.4-0.8 | 1800-2000 | 5-8 |
| | Tipo Pitch**- com alto módulo de elasticidade (HM) | 3000-3500 | 400-800 | 0.4-1.5 | 1900-2100 | 9-18 |
| Aramida (A) | Com módulo de elasticidade intermediário (IM) | 2700-4500 | 60-80 | 4.0-4.8 | 1400-1450 | 12-15 |
| | Com alto módulo de elasticidade (HM) | 2700-4500 | 115-130 | 2.5-3.5 | 1400-1450 | 12-15 |
| Vidro (G) | Aluminoborosilicato De cálcio (E) | 1800-2700 | 70-75 | 3.0-4.5 | 2550-2600 | 2-25 |
| | Aluminossilicato de Magnésio (S) | 3400-4800 | 85-100 | 4.5-5.5 | 2550-2600 | 5-25 |

*PAN = fibras obtidas por pirólise e oxidação de fibras sintéticas de Poliacrilonitrila.

**Pitch = fibras obtidas pela pirólise do petróleo destilado ou do piche convertido em cristal líquido.

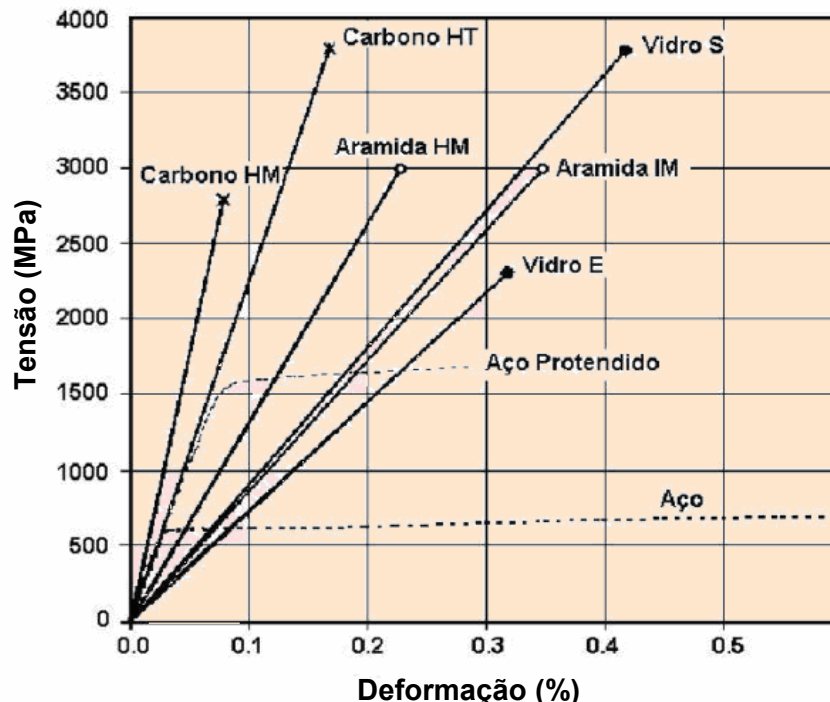


Figura 2.14 – Diagrama tensão-deformação dos principais tipos de fibra em comparação com o aço (MATTHYS, 2000)

As fibras de carbono de alta resistência e alto módulo de elasticidade têm um diâmetro de 7 a 8 μm e constam de pequenos cristaltos de grafite turbostrático (uma das formas alotrópicas do carbono). Num monocristal de grafite os átomos de carbono se ordenam em redes hexagonais, como mostra a Figura 2.15. O módulo de elasticidade das fibras de

carbono depende do grau de perfeição da orientação, a qual varia consideravelmente com as condições e processo de fabricação.

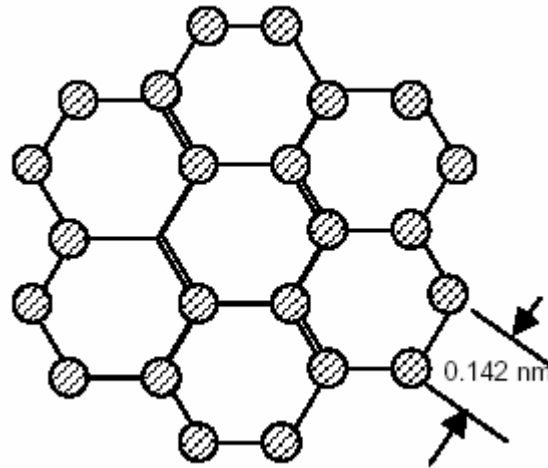


Figura 2.15 – Ordenamento hexagonal da rede de átomos de carbono.

As fibras de carbono são as mais rígidas e resistentes dentre as fibras utilizadas para o reforço de polímeros. Segundo Ripper (1998), destacam-se principalmente pela rigidez e leveza, ótimo comportamento relativo à fadiga e à atuação de cargas cíclicas, estabilidade térmica e reológica e excepcional resistência aos vários tipos de ataques químicos. Por outro lado, em função de sua boa condutividade elétrica, as fibras de carbono podem possibilitar corrosão do tipo galvânica quando em contato com metais.

2.4.1.2. Matrizes.

As matrizes têm como função principal transferir as solicitações mecânicas às fibras e protegê-las do ambiente externo. As matrizes podem ser resinosas, polyester, epóxi, minerais (carbono) e metálicas (ligas de alumínio).

A matriz polimérica de um PRF envolve completamente as fibras dando proteção mecânica e contra agentes agressivos e também promovendo a transferência de tensões.

A seleção da matriz influencia diretamente a fabricação e o custo final do PRF. As matrizes poliméricas podem ser baseadas em resinas termoplásticas (*thermoplastic resins*) ou em resinas termoendurecíveis (*thermosetting resins*).

As resinas termoplásticas são caracterizadas por macromoléculas mais lineares e podem ser repetidamente fundidas quando aquecidas e endurecidas quando resfriadas. Por terem mais ductilidade e tenacidade, são mais resistentes a impactos e micro-fissurações que as resinas termoendurecíveis. No entanto, sua alta viscosidade dificulta a incorporação de fibras longas e, por conseqüência, a fabricação de compósitos com tais fibras.

Uma vez curadas, as resinas termoendurecíveis são caracterizadas por um alto grau de polimerização das moléculas e endurecimento irreversível, se aquecidas depois de endurecidas não fundem e se decompõem se expostas a altas temperaturas. Essas resinas impregnam facilmente as fibras sem necessidade de condições especiais, como altas temperaturas ou grandes pressões, e, comparadas às resinas termoplásticas, oferecem melhor estabilidade térmica e química, além de melhor retração e relaxação.

As resinas mais utilizadas nos PRF são as termoendurecíveis da classe dos poliésteres insaturados, do vinil ésteres e do epóxi. As resinas epóxi são bastante usadas nos compósitos de alto desempenho pela extensa quantidade de propriedades físicas e mecânicas, apesar do alto custo. A Tabela 2.3 traz as propriedades típicas das resinas termoendurecíveis mais usadas segundo Taerwe *et al* (1997).

Tabela 2.3 - Propriedades típicas das resinas mais usadas (TAERWE *et al.*, 1997).

| TIPO DE RESINA | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPA) | MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPA) | PESO ESPECÍFICO (KG/M ³) | RETRAÇÃO NA CURA (%) |
|----------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| POLIÉSTER | 35-104 | 2.1-3.5 | 1100-1400 | 5-12 |
| VINIL ÉSTER | 73-81 | 3.0-3.5 | 1100-1300 | 5-10 |
| EPÓXI | 55-130 | 2.8-4.1 | 1200-1300 | 1-5 |

As maiores vantagens das resinas epóxicas são a excelente resistência à tração, boa resistência à fluência, boa resistência química e a solventes, forte adesão com as fibras e baixa retração durante a cura. O preço e o longo período de cura são as desvantagens. Ainda, elevadas temperaturas comprometem a resina epóxica, que se torna elastomérica e sofre reduções consideráveis de resistência.

A temperatura que representa a passagem de um estado vítreo para um estado elástico e dúctil é chamada temperatura de transição vítrea e a aproximação desta temperatura faz com que as propriedades mecânicas como resistência e rigidez da resina diminuam

acentuadamente. Esse problema pode ser amenizado com o uso de sprinklers e/ou de pintura especial no acabamento do reforço para aumentar a resistência ao fogo.

Enquanto não endurecida, são importantes as noções dos tempos de utilização e de endurecimento da resina epóxica.

O período em que a resina mantém suas características de aderência e pode ser manipulada sem dificuldade é chamado de tempo de utilização (“pot life”). Quanto maior a temperatura e a quantidade do material a ser preparado, menor o tempo de utilização. Isto ocorre em função da maior quantidade de calor e conseqüente aceleração das reações.

O tempo de endurecimento (“open time”) é o tempo que a resina leva para endurecer e é o intervalo no qual o compósito deve ser colado para que suas propriedades se desenvolvam satisfatoriamente. Este tempo é influenciado pelas temperaturas do ambiente, do compósito e da superfície a ser reforçada.

Além da resina, “fillers” e aditivos comumente também compõem a matriz. Os “fillers” têm a função de diminuir o custo e melhorar as propriedades da matriz (controlar a retração, melhorar a capacidade de transferência de tensões e controlar a tixotropia da resina). Para aumentar a resistência da matriz e facilitar a fabricação do compósito, vários tipos de aditivos podem ser usados. Os mais comuns são os inibidores da ação de raios ultravioleta, os antioxidantes, os catalisadores e os desmoldantes.

2.4.1.3. Adesivo.

O adesivo é o material responsável pela colagem do PRF na superfície do concreto e pela transferência de tensões, possibilitando a ação conjunta dos materiais. A transferência de tensão é feita no plano da interface concreto-adesivo-compósito, nele ocorrendo tensões predominantemente cisalhantes, embora tensões normais a essa interface também possam ocorrer.

A escolha do adesivo depende do tipo de desempenho desejado, do substrato e das condições do ambiente e de aplicação do compósito na execução. Os adesivos estruturais mais usados e aceitos são as resinas epóxicas.

2.4.2. Escolha dos compósitos

A escolha entre um tipo de fibra e uma matriz depende fundamentalmente da aplicação que será dada ao material compósito: características mecânicas elevadas, resistência à alta temperatura, resistência à corrosão, etc. O custo em muitos casos pode também ser um fator de escolha entre um ou outro componente. Deve ser observada também a compatibilidade entre as fibras e as matrizes.

O fator desempenho está ligado à procura por um melhor desempenho de componentes estruturais, sobretudo no que diz respeito às características mecânicas (resistência à ruptura, resistência a ambientes agressivos, etc.). O caráter anisotrópico dos materiais compostos é o fator primordial para a obtenção das propriedades mecânicas requeridas pelo componente.

2.4.3. Sistemas de reforço

Os compósitos de fibra de carbono para utilização em concreto armado são comercializados em duas categorias: como barras e grelhas para armadura em substituição ao aço e como tecidos e laminados para reforço. A segunda categoria é dividida em dois grupos: os sistemas pré-fabricados e os sistemas curados *in situ*.

Os sistemas de laminados pré-fabricados são encontrados na forma de compósitos totalmente curados. Apresentam forma, tamanho e rigidez definidos, prontos para serem colados no elemento a ser reforçado. Tipicamente, possuem um teor de fibras em torno de 70% e espessura entre 1,0 e 1,5 mm. Em relação aos sistemas curados *in situ*, têm a vantagem do maior controle de qualidade, uma vez que só as propriedades do adesivo são afetadas pela execução. Contudo, são menos flexíveis.

A aplicação de feixes de fibras contínuas na forma de fios, em estado seco ou pré-impregnado, sobre um adesivo epóxico previamente espalhado na superfície a ser reforçada constitui os sistemas curados *in situ*. O adesivo, ao impregnar as fibras, transforma o conjunto em um PRF e faz a ligação deste com o substrato.

Os sistemas curados *in situ*, constituídos por mantas e tecidos, de acordo com a disposição das fibras no plano estão resumidos na Tabela 2.4 (JUVANDES, 1999), que é

baseada em designações citadas no “EUROCOMP Design Code and Handbook”, no JCI TC952 (Comitê Técnico em Concreto Reforçado com Fibras Contínuas do Japan Concrete Institute) e no ACI Committee 440F.

A espessura final de um compósito curado *in situ* é inferior à espessura de um compósito pré-fabricado tornando-se difícil de ser determinada. Para a fibra em estado seco, essa espessura varia entre 0,1 a 0,5 mm.

Tabela 2.4- Descrição dos sistemas de PRFC curados *in situ* (JUVANDES, 1999)

| DESIGNAÇÃO | | DESCRIÇÃO | ORIENTAÇÃO DAS FIBRAS | ESTADO |
|----------------------|-------------------------------|---|--|-----------------|
| TECIDOS “sheets”* | | Disposição em faixas contínuas e paralelas de fibras sobre uma rede de proteção (200-300 g/m ²) | unidirecionais | secos |
| | | | | pré-impregnados |
| MANTAS | “woven* roving” | Entrelaçamento direcionado de fios ou faixa de fibras (600-800 g/m ²) | bidirecionais: 0/90° 0/45° 0/-45° | secas |
| | “mat”* de fios picados | Espalhamento aleatório das fibras num tapete rolante que, depois, é pulverizado com resina para adquirir consistência | multidirecional | |
| | “cloth”* de fios contínuos | Fios contínuos tecidos por um processo têxtil convencional (150-400 g/m ²) | Unidirecional ou bidirecional ou multidirecional | pré-impregnadas |

*designação internacional

A seguir descreve-se as principais propriedades dos compósitos segundo Juvandes *et. al* (1996). As propriedades dividem-se, de acordo com a sua natureza, em duas categorias: propriedades físicas e propriedades mecânicas.

2.4.3.1. Propriedades Físicas

Neste grupo incluem-se todas as propriedades que podem estar relacionadas com a estrutura do material, ao nível molecular. Isto é, a um nível de modo que os constituintes individuais destes produtos possam ser identificados pela sua composição química ou pela sua estrutura físico-química.

1) Geometria

As propriedades geométricas de um compósito interessam à definição dos modelos matemáticos. A literatura sobre estes materiais refere que, para isso, deverão ser expressos em termos de quantidade dos seus constituintes, através da fração de volume em relação ao conjunto. Por exemplo, identificam-se: volume de fibras, volume de matriz, o volume de resina, o volume de carga e o volume de vazios.

2) Peso Específico

A definição de peso específico de um compósito é determinada de acordo com a *lei das misturas*, a partir do conhecimento das densidades e das frações de volume dos seus constituintes. Para isso, é necessário também determinar as frações em peso destes em relação ao conjunto, através da realização de ensaios normalizados. Os barras e cabos produzidos em PRF têm um peso específico que oscila entre 15 kN/m^3 e 20 kN/m^3 , valores estes quatro vezes inferiores aos do aço, 79 kN/m^3 . Esta propriedade é vantajosa em relação ao aço porque reduz o peso de material envolvido numa obra, facilita o transporte e a trabalhabilidade, para além de contribuir para a redução de custos globais no período de vida útil da estrutura.

3) Umidade e transmissão térmica

Sob o ponto de vista térmico, e ao contrário do que acontece no concreto armado corrente, a utilização de produtos compósitos de PRF exige algum cuidado, uma vez que apresentam dois coeficientes de dilatação térmica: um na direção longitudinal e outro na direção transversal. A diferença entre eles reside na composição, fibras e matriz, onde o valor do coeficiente de dilatação longitudinal é ditado pelas primeiras, enquanto o valor do coeficiente homólogo transversal é condicionado pela segunda. Por outro lado, o coeficiente de dilatação térmica destes produtos deve ser próximo do correspondente no concreto, para

minimizar as deformações diferenciais entre os dois materiais. Deste valor depende o interesse em controlar a fissuração e a fragmentação do concreto.

Outra propriedade fundamental é a determinação do coeficiente de absorção de umidade no material, que descreve as alterações de dimensão que ocorrem à medida que este vai absorvendo umidade. À semelhança do efeito de transmissão térmica, esta propriedade deve ser calculada tanto para a direção longitudinal (praticamente nula), como para a transversal (pode ser significativa).

4) Química

As propriedades químicas dos materiais compósitos são difíceis de identificar nos produtos de PRF, mas simultaneamente, têm uma importância crucial na área de engenharia estrutural, na medida em que podem proporcionar a redução das propriedades mecânicas, a elevadas temperaturas, e intervir na durabilidade. Destacam-se como principais a temperatura de transição para a vitrificação, a reatividade e estabilidade química, a inflamabilidade e a toxicidade.

Sem um estudo adequado destas propriedades, se um produto de PRF for sujeito a elevadas temperaturas, pode tornar-se inflamável ou produzir derivados tóxicos. Contudo, estes problemas não chegam a surgir quando ele é inserido nas peças de concreto como barra, cabo de protensão ou perfil.

A durabilidade destes produtos está relacionada com as propriedades químicas e mecânicas do material constituinte. Desse modo, a reatividade e a estabilidade química dos constituintes podem informar sobre o potencial da resistência física e mecânica do produto, perante uma agressividade do meio, ao longo do tempo.

5) Condutividade

O comportamento de um produto de PRF, perante os diferentes condicionantes do ambiente, depende fortemente da difusibilidade interna do material compósito ao fator agressor, isto é, depende da maior ou menor facilidade em permitir a passagem de substâncias físicas com interesse (neste caso a umidade) através do material. Além desta, devem ser igualmente avaliadas, nestes produtos, a permeabilidade de induções magnéticas e as condutividades térmica e elétrica.

2.4.3.2. *Propriedades Mecânicas.*

As propriedades associadas com a aplicação de forças mecânicas no material compósito serão expostas neste sub item. Apesar de não estarem diretamente relacionadas com a composição química ou com a estrutura físico-química dos seus constituintes, geralmente, definem-se em termos de mecânica contínua. A caracterização destas propriedades é feita, habitualmente, por meio de ensaios mecânicos sobre os constituintes dos próprios compósitos.

1) Tração

A caracterização elástica da matriz, empregada nos modelos matemáticos de previsão do comportamento à tração dos compósitos de PRF, necessita do conhecimento de indicadores elásticos do tipo módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, módulo de compressibilidade, e de indicadores associados à ruína do material como as denominadas resistência última e extensão de ruptura. Estes indicadores devem ser avaliados, segundo o princípio dos materiais anisotrópicos, segundo as direções longitudinal e transversal do produto compósito.

Os materiais de PRF, genericamente, exibem um comportamento típico linear elástico e sem plastificação próximo da ruína, quando são tracionados. Esta característica apresenta um problema quanto à ductilidade das estruturas de concreto, sobretudo, relativamente à resposta dinâmica destas estruturas perante ações sísmicas. Conseqüentemente é importante conhecer o comportamento exato de um produto compósito até à ruína, através de especificações para projeto fornecidas pelos seus fabricantes.

Os compósitos reforçados unidirecionalmente, como é o caso das barras e cabos para protendidos, têm sido alvo de um trabalho de investigação mais intenso. Verificou-se que a resistência à tração é condicionada pela ruptura das fibras nestes elementos. Além disso, a distribuição das tensões de tração não é uniforme pelas fibras de uma barra, variando ainda com o diâmetro deste (FAZA, *apud* JUVANDES *et al.* 1996). As fibras exteriores ficam mais tracionadas do que as interiores, assim, a partir de um dado valor do diâmetro, se conclui ser pouco eficiente aumentar os diâmetros das barras de PRF e utilizar como armaduras de peças em concreto. Contrariamente ao que acontece com a resistência à tração, o módulo de elasticidade destes produtos é geralmente inferior ao do aço, particularmente quando se

envolvem reforços com fibra de vidro. Este baixo valor de rigidez proporciona algumas dificuldades na compatibilização com o concreto, em condições de serviço, produzindo grandes deformações dos elementos estruturais, para que se mobilize a resistência disponível do elemento compósito. Nestes casos, justifica-se um investimento na melhoria da rigidez, otimizando-se a compatibilização das propriedades dos constituintes, fibras, resinas e "filler".

2) Compressão

Os compósitos também podem ser utilizados em zonas comprimidas de estruturas como vigas, lajes e pilares. A caracterização das propriedades à compressão é semelhante à da tração, mas os seus valores são significativamente reduzidos quando comparados com os equivalentes à tração. Segundo Bank (*apud* JUVANDES *et al.* 1996), a ruptura à compressão de um compósito reforçado unidirecionalmente pode resultar da micro-instabilidade das fibras ou da divisão transversal da matriz. No entanto, este autor admite que o modo principal de ruptura longitudinal à compressão é, geralmente, classificado como um modo dependente da matriz do compósito. Como a contribuição das propriedades à compressão não é preponderante para o comportamento global dos produtos compósitos de PRF.

3) Cisalhamento e Torção

As propriedades, que controlam o comportamento dos PRFs sujeitos a esforços de torção ou cortante, são os característicos módulo de distorção e a resistência ao cisalhamento. Estes apresentam valores inferiores relativamente ao aço utilizado no concreto armado, devido ao forte condicionamento da matriz do compósito. A resistência ao cisalhamento dos produtos compósitos mais utilizados é, em geral, bastante baixa. Assim, uma barra ou uma chapa de PRF podem ser facilmente serradas, segundo a direção perpendicular ao eixo principal longitudinal. Quando é necessário contribuir para a resistência ao cisalhamento de um elemento estrutural, é adequado orientar as fibras no produto, de modo a trabalharem axialmente segundo a direção do esforço de cisalhamento no elemento em causa. As propriedades, em questão, são igualmente importantes em situações críticas como as ligações e as ancoragens.

4) Mecanismo de Fechamento das Trincas – *crack-bridging*

Os laminados reforçados por fibras são materiais estruturais de pequena espessura. Possuem propriedades mecânicas e mecanismos de deformação e fratura com identidade

própria. Segundo Castrodeza *et al* (2000), um dos aspectos mais interessantes é o aumento da tenacidade em corpos de prova pré-trincados, se comparada com corpos de prova contendo entalhes agudos, devido ao mecanismo de *crack-bridging* causado pelas fibras que permanecem intactas atravessando as faces da pré-trinca. Não existem registros adequados que mostrem a evolução deste mecanismo durante o processo de fratura monotônica. As fibras que permanecem intactas durante o processo de crescimento da trinca por fadiga, permitindo o mecanismo de *crack-bridging*, têm um papel fundamental no processo de fratura. A evolução dos micromecanismos de fratura depende fortemente da camada de resina epóxi reforçada por fibras.

2.4.3.3. Fatores Condicionantes das Propriedades.

As propriedades dos compósitos, em análise, podem ficar condicionadas por alguns fatores que se refletem no seu comportamento, nos vários tipos de aplicação. Alguns desses fatores são a umidade, a temperatura, o tempo e a solicitação, cujos efeitos na rigidez e no mecanismo de ruptura dos compósitos podem ser graves.

Obviamente, tornam-se fundamental identificar as situações mais críticas e que interessam às estruturas de concreto, de modo a determinar, posteriormente, procedimentos racionais para o projeto.

1) Umidade e Temperatura

A combinação das ações com ambientes adversos, como a presença de umidade e de elevada temperatura, pode interferir nas propriedades de um compósito, impostas principalmente pela característica da sua matriz termoendurecível, proporcionando uma aceleração na deterioração do material constituinte deste. Se a matriz do compósito de PRF permitir a absorção de água, as propriedades mecânicas do produto podem ficar comprometidas. As aplicações destes produtos em regiões sujeitas a invernos e estios rigorosos, ou seja, com grandes amplitudes térmicas, o efeito do ciclo gelo e degelo pode intervir, igualmente, no comportamento futuro dos compósitos. Destes casos, conclui-se, ser imprescindível selecionar o tipo de matriz para o produto compósito, em consonância com as condições ambientais eventualmente atuantes sobre a estrutura a executar.

Apesar de se verificar que a maioria dos compósitos não é diretamente inflamável e apresenta comportamento satisfatório a elevadas temperaturas, deve existir alguma preocupação, por parte do projetista, em informar-se junto do fornecedor sobre estes aspectos. A resina utilizada na composição da matriz de um produto de PRF pode comprometer o elemento estrutural onde foi aplicada, quando sujeita a um incêndio durante algum tempo. Por exemplo, nas aplicações em elementos de concreto é conveniente estudar o recobrimento das barras ou cabos usados, assim como a sua matriz, para que se garanta o tempo de resistência ao fogo estabelecido no projeto. Estes parâmetros higrotérmicos são, igualmente, importantes na concepção de estruturas definidas pelo estado limite de utilização por deformação.

2) Idade

A idade é outro dos fatores condicionantes nas propriedades dos compósitos reforçados com fibras, devido às propriedades viscoelásticas do material compósito. Este determina significativamente o comportamento à *fluência*, à *relaxação* e à *dissipação de energia* dos produtos compósitos.

A *fluência* varia muito com a composição do produto compósito, o volume e a orientação das fibras. Constatou-se que em barras de PRF sujeitos as condições adversas de carregamento e de ambiente, quando são aplicadas ações constantes no tempo, podem diminuir o seu tempo de resistência ou surgir, mesmo, ruptura por fluência. Existem dificuldades, ainda, em avaliar o comportamento destes produtos ao fim de bastante tempo. A falta de informação neste campo introduz, naturalmente, obstáculos à determinação da deformação durante um longo prazo em estruturas de concreto armado compostas com produtos de PRF. A ação dinâmica das solicitações e o tipo de propriedades viscoelásticas do produto compósito podem intervir no efeito de *amortecimento* destes. Este efeito é relevante quando as estruturas são sujeitas às ações sísmicas.

3) Radiações Ultravioletas

A presença de raios ultravioletas, derivados da luz solar, proporciona reações químicas na matriz de um compósito, com conseqüente degradação das suas propriedades. Este fato faz com que seja dada maior atenção em aplicações de reforço estrutural exterior, devido à forte probabilidade de exposição solar. Nestas circunstâncias, um técnico deve exigir a introdução de aditivos apropriados para proteger o compósito desse efeito. Esta situação não

é extensiva ao caso dos produtos compósitos de PRF serem aplicados no interior das estruturas de concreto.

4) Corrosão

A principal vantagem de um compósito a ser comparado com produtos metálicos é a sua elevada resistência à corrosão, quando exposto a ambientes agressivos como a proximidade do mar ou de regiões industriais, e ainda na presença de produtos químicos. Porém, convém referir algumas situações onde estes novos produtos não estão totalmente controlados, como por exemplo: Não é totalmente conhecido o comportamento dos compósitos a longo prazo quando utilizados em ambientes fortemente ácidos.

5) Solicitações

O tipo de solicitação de natureza estática, dinâmica ou sistema cíclico, podem intervir nas propriedades dos compósitos, nomeadamente ao nível da fadiga. A resistência à fadiga, nos produtos derivados dos compósitos de PRF, é relativamente pouco conhecida, sendo consequência da escassa informação desenvolvida nesta área. São exceção alguns artigos publicados sobre a investigação da fadiga em barras e cabos aplicados normalmente na execução de pontes, cuja estrutura está sujeita a um vasto número de ações cíclicas. Verificou-se, nestas aplicações, que a generalidade dos compósitos reforçados com fibras de elevado desempenho (grafite, carbono e aramida) quando submetidos a ações cíclicas, quer os barras quer os cabos utilizados no pré-esforço, apresentaram melhor resistência à fadiga do que os equivalentes em aço. Quando o reforço é executado com fibras de vidro, esses produtos comportaram-se, pelo contrário, pior do que os anteriores (SCHWARTZ, *apud* JUVANDES *et al.* 1996), havendo ruptura no material sob a ação de solicitações constantes, designadas por fadiga estática.

As propriedades à fadiga de um material compósito são bastante boas quando as solicitações têm a direção das fibras, e insuficientes para carregamentos transversais ou de cisalhamento. Na ausência de modelos matemáticos de caracterização destas propriedades, a sua obtenção é, tipicamente, determinada por via experimental, definindo-se, em seguida, curvas de relação tensão-ciclos de carga. Entretanto, é possível encontrar base de dados para compósitos solicitados unidirecionalmente e informações reduzidas para outros gêneros de solicitação, como o são, concretamente, as ancoragens, as dobras nos estribos e as intersecções nas redes bidimensionais de barras.

2.5. UTILIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE PRFC COMO REFORÇO AO CISCALHAMENTO

Os sistemas PRF têm demonstrado incrementar a resistência ao esforço cortante em vigas e pilares de concreto mediante o envolvimento total ou parcial dos elementos (MALVAR *et al.* 1995; CHAJES *et al.* 1995; NORRIS *et al.* 1997; KACHLAKEV *et al.* 2000). A orientação das fibras, na direção transversal ao eixo do elemento perpendicular às potenciais fissuras ao esforço cortante, é de vital importância para proporcionar resistência adicional ao cortante (SATO *et al.* 1996). Incrementando a resistência ao cisalhamento pode se ter como resultados o colapso por flexão, o qual é de natureza relativamente mais dúctil em comparação com o colapso devido à força cortante. A Figura 2.16 mostra uma viga reforçada à flexão com laminados unidirecionais e ao cisalhamento com laminados dobrados na forma de L.



Figura 2.16 – Reforço à flexão e ao cisalhamento

2.5.1. Sistema de configurações de colagem.

Várias técnicas de reforço estão sendo utilizadas para aumentar a resistência das vigas ao cisalhamento, sendo que dentre elas destacam-se a colagem do PRFC nas laterais na viga, em três faces em forma a de U, e o envolvimento total, conforme ilustram as Figuras 2.17, 2.18 e 2.19 respectivamente. (ACI 440, 2003).

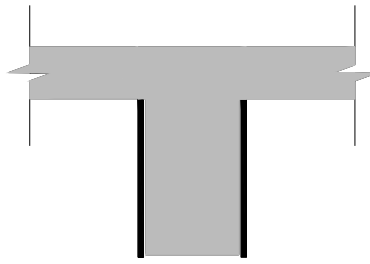


Figura 2.17 – Colagem nas faces laterais (ACI 440.2R-02, 2003)

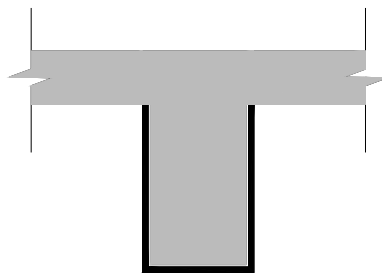


Figura 2.18 – Colagem em forma de U (ACI 440.2R-02, 2003)

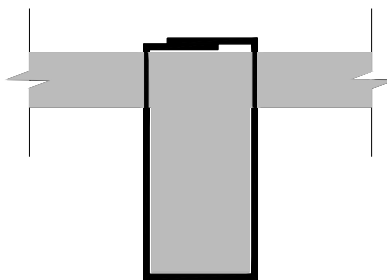


Figura 2.19 – Colagem em envolvimento total (ACI 440.2R-02, 2003)

Quanto ao modo de colagem dos sistemas de reforços, Teng *et al.* (2001) expuseram as vantagens e desvantagens descritas a seguir. A colagem do reforço nos lados da seção apresenta como vantagem sua fácil aplicação e necessita menor quantidade de PRF, para um pequeno aumento na resistência ao cisalhamento, porém oferece vulnerabilidade ao descolamento (problemas na ancoragem) resultando numa menor eficácia. O envolvimento tipo U (*U jacketing*) apresenta a face inferior do U bem ancorada e torna-se menos vulnerável ao descolamento. Sua eficiência é moderada atuando como ancoragem mecânica para reforço à flexão. Oferece ainda alta eficiência para regiões de momento positivo. Como desvantagens o envolvimento tipo U necessita de ancoragem mecânica nas bordas livres do U e não atua em regiões de momentos negativos. O envolvimento total apresenta a menor vulnerabilidade ao descolamento e alta eficiência. Atua como ancoragem mecânica para reforço à flexão, mas


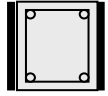
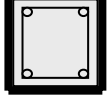
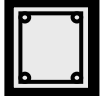
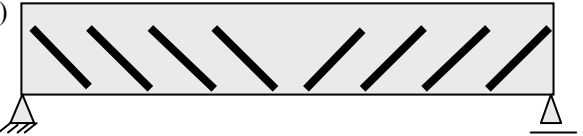
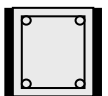
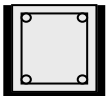
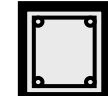
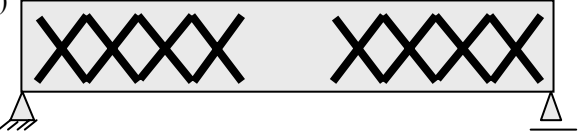
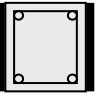
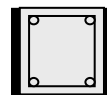
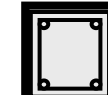
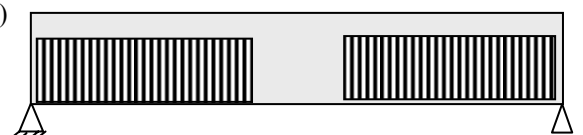
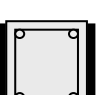
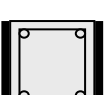
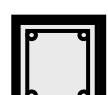
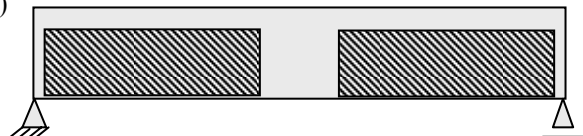
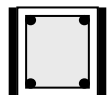
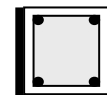

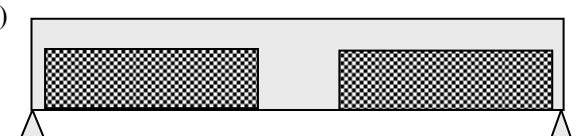
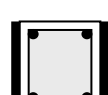


apresenta dificuldades ou até impossibilidade de ser executado se houver a presença de uma laje ou outro elemento contínuo à viga que impeça o envolvimento do topo da seção.

A combinação de configurações diferentes de colagem, orientações e distribuição das fibras resultam em várias técnicas de reforço. Quanto às diferentes distribuições das fibras, Teng *et al.* (2001) afirmam que os laminados (tiras), apresentam maior flexibilidade no controle de quantidade de PRF, possibilitando economizar material e uma camada adesiva uniforme torna-se mais fácil de ser obtida. Porém sua aplicação é mais trabalhosa.

Os tecidos (forma contínua) são de aplicação mais fácil no local e permitem que a viga esteja mais protegida de danos ambientais se estiver completamente coberta. Todavia, reduz a flexibilidade no controle da quantidade de PRF e a camada adesiva uniforme torna-se mais difícil de ser obtida.

Quanto às diversas orientações das fibras as verticais ($\beta=90^0$) são mais fáceis de aplicar, porém menos efetivas que as fibras inclinadas para combater fissuras por cisalhamento. As fibras inclinadas ($\beta=45^0$) são mais efetivas para combater fissuras por cisalhamento, porém tornam impossível o envelopamento tipo “U” e o envolvimento total quando se utiliza tecido unidirecional e laminados largos. O uso de fibras bidirecionais, laminados e tecidos basicamente a $0^0/90^0$ ou $45^0/135^0$ é mais efetivo que o uso das fibras inclinadas para combater fissuras por cisalhamento e para o reforço devido ao cisalhamento invertido, porém requer uma quantidade maior de fibras. A Tabela 2.5 mostra segundo Teng *et al.* (2001) as técnicas mais utilizadas para reforço ao cisalhamento.

Tabela 2.5 Configurações de reforço ao cisalhamento (TENG *et al.*, 2001)

| ORIENTAÇÕES E DISTRIBUIÇÕES DAS FIBRAS | CONFIGURAÇÕES DE REFORÇO | | |
|--|--|---|---|
| | L | U | E |
| 1)  |  |  |  |
| 2)  |  |  |  |
| 3)  |  |  |  |
| 4)  |  |  |  |
| 5)  |  |  |  |
| 6)  |  |  |  |

Iniciada de forma empírica, a utilização de compósitos como material alternativo tem aumentado cada vez mais na recuperação ou reforço das estruturas. Devido as suas elevadas resistências e pela relativa facilidade de execução, o emprego dos PRFs, acrônimo de Polímeros Reforçados por Fibras, principalmente os de fibra de carbono e de vidro, sofreram um aumento muito rápido como material de construção tornando-se necessário um maior número de estudos e pesquisas para se conheça com mais profundidade suas características e aplicabilidades.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica sobre o estado de conhecimento enfoca alguns dos principais estudos sobre a utilização de sistemas de reforço ao cisalhamento com PRFC em vigas de concreto armado.

O problema da estimativa da capacidade resistente ao cisalhamento de peças de concreto armado tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores ao longo das últimas décadas. Os dados de pesquisas sobre reforço ao cisalhamento são muito mais limitados quando comparados com os de reforços à flexão com laminados de PRFC (Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono). Um maior número de pesquisas é necessário para que o pleno potencial do reforço ao cisalhamento com PRFC seja solidificado. (TENG J.G. *et al.*, 2001).

A utilização de reforços de PRF não só pode melhorar a resistência ao cisalhamento das vigas de concreto armado existentes, mas também o confinamento do concreto, resultando num aumento da capacidade de deformação. Uma grande capacidade para deformações permite altas resistências ao concreto armado em estruturas sujeitas as cargas acidentais.

Vários autores e centros de pesquisas vêm estudando diferentes sistemas de reforços ao cisalhamento em PRF externamente colados em vigas de concreto armado.

3.1. TRABALHOS INTERNACIONAIS.

3.1.1. Norris *et al.* (1997).

Norris *et al.* (1997) estudaram 19 vigas de concreto armado com o objetivo de investigar o comportamento de vigas reforçadas com tecidos uni e multidirecionais de fibras de carbono, de forma e disposições variadas, à flexão e ao cisalhamento (Figura 3.1). Seis vigas foram utilizadas na investigação do comportamento quanto ao cisalhamento (Figura 3.2). As vigas mediam 122 cm e tinham taxa de armadura transversal igual a 0,22% e longitudinal igual a 1,93%.

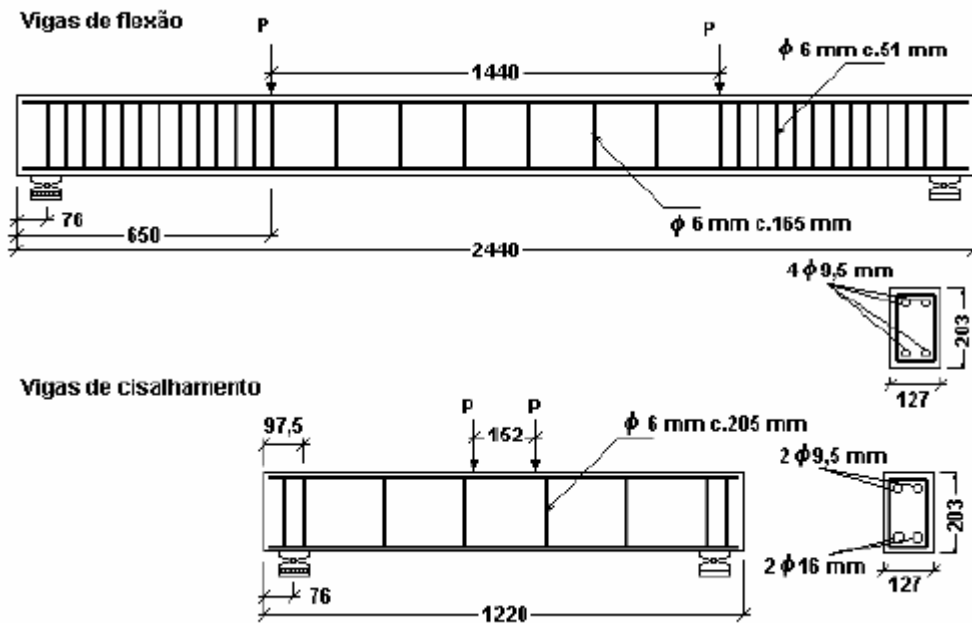


Figura 3.1 – Detalhamento das vigas utilizadas na investigação do comportamento ao cisalhamento (NORRIS *et al.*, 1997).

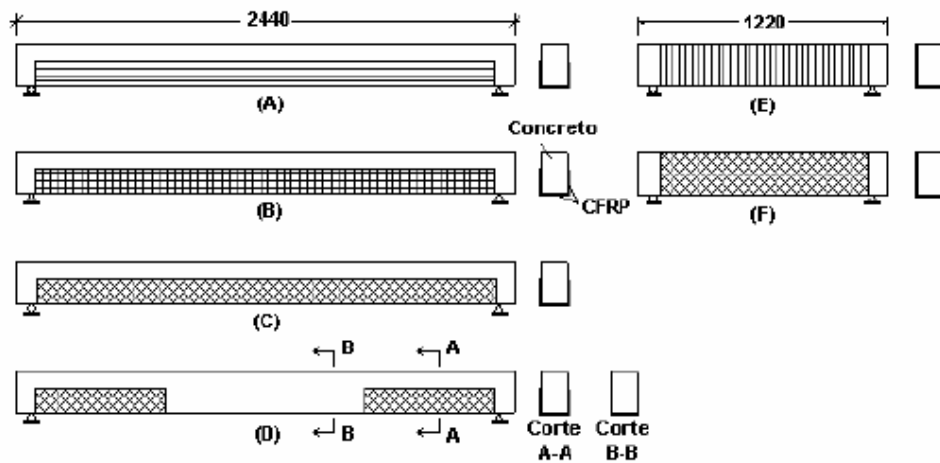


Figura 3.2 – Configuração das vigas reforçadas ao cisalhamento (NORRIS *et al.*, 1997).

Os autores obtiveram as seguintes conclusões:

1. Não houve grande diferença entre os tecidos uni e multidirecionais de PRFC utilizados, mas diferenças significativas ocorreram em função da orientação das fibras e disposição dos reforços utilizados;
2. O melhor desempenho ocorreu quando a viga foi totalmente envolvida por tecido unidirecional com fibras a 45° .

3.1.2. Malek e Saadatmanesh (1998).

Malek e Saadatmanesh (1998) analisaram 3 vigas retangulares reforçadas com tecidos uni e bi direcionais. As vigas possuíam seção retangular com 127 mm de largura, 203 mm de altura e vão de 1.220 mm. A armadura longitudinal era composta por duas barras de 16 mm na parte inferior e duas barras de 10 mm na parte superior, e a armadura transversal por barras de 6 mm com espaçamento de 203 mm. A pesquisa tinha como objetivo analisar o efeito de diferentes tipos de reforços em vigas de concreto armado e também avaliar a ductilidade das vigas reforçadas com PRF. Baseados nos estudos anteriores (experimentais e paramétricos) propuseram equações para dimensionamento.

3.1.3. Triantafillou (1998).

Triantafillou (1998) estudou 42 vigas (analisadas por vários pesquisadores conforme Tabela 3.1) com vários sistemas e diversos tipos de fibras, e elaborou uma formulação analítica para dimensionamento de reforços. Estas equações constam nos códigos normativos da *fib-bulletin* 14 (2001) e do ACI 440.2R-02 (2003).

Neste mesmo trabalho desenvolveu um programa experimental com 11 vigas que foram reforçadas com tecido unidirecional de PRFC somente nas faces (as Figuras 3.3 e 3.4 ilustram duas destas vigas).

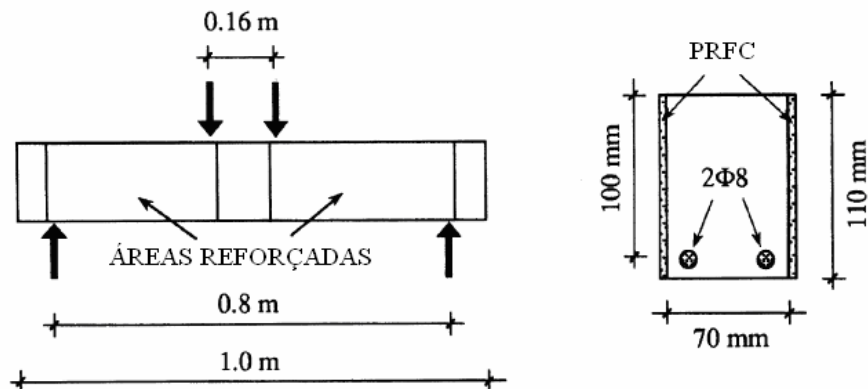


Figura 3.3 – Configuração do reforço em L (TRIANTAFILOU, 1998).

Tabela 3.1 – Dados experimentais de reforços ao cisalhamento utilizando PRF's laminados e tecidos (TRIANTAFILLOU, 1998).

| Viga* | b_w, m | d, m | Tipo* | ρ_{prf} | E_{prf}, GPa | $\beta, graus$ | $\varepsilon_{prf,e}$ | Mecanismos de colapso* |
|----------|----------|--------|--------|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| B(3) | 0,114 | 0,085 | V, "L" | 0,011 | 16,8 | 45 | 0,0066 | cisal. (desc.) |
| B(4) | 0,114 | 0,085 | V, "L" | 0,027 | 16,8 | 45 | 0,0056 | cisal. (desc.) |
| U(3) | 0,1 | 0,17 | C, "E" | 0,00194 | 230 | 90 | 0,0050 | cisal. (fratura) |
| U(5) | 0,1 | 0,17 | C, "L" | 0,00194 | 230 | 90 | 0,0030 | cisal. (desc.) |
| U(6) | 0,1 | 0,17 | C, "L" | 0,00194 | 230 | 56 | 0,0034 | cisal. (desc.) |
| U(7) | 0,1 | 0,17 | C, "L" | 0,0039 | 230 | 90 | 0,0015 | cisal. (desc.) |
| D(F2) | 0,038 | 0,127 | A, "U" | $\rho_{prf} \cdot E_{prf} = 0,363$ | | 90 | >0,0044 | flexão |
| A(WO) | 0,15 | 0,113 | V, "L" | 0,04 | 16 | 90 | 0,0008 | cisal. (desc.) |
| A(SO) | 0,15 | 0,113 | V, "L" | 0,016 | 16 | 90 | 0,0018 | cisal. (desc.) |
| A(JO) | 0,15 | 0,113 | V, "U" | 0,04 | 16 | 90 | >0,0016 | flexão |
| O(BS12) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0012 | 230 | 90 | 0,0084 | cisal. (fratura) |
| O(BS24) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0024 | 230 | 90 | 0,0062 | cisal. (fratura) |
| O(BM06) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0006 | 230 | 90 | 0,0117 | cisal. (fratura) |
| O(BM12) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0012 | 230 | 90 | 0,0093 | cisal. (fratura) |
| O(BM18) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0018 | 230 | 90 | 0,0078 | cisal. (fratura) |
| O(BM24) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0024 | 230 | 90 | 0,0060 | cisal. (fratura) |
| O(BL06) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0006 | 230 | 90 | 0,0084 | cisal. (fratura) |
| O(BL12) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0012 | 230 | 90 | 0,0078 | cisal. (fratura) |
| O(BMW06) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0006 | 230 | 90 | 0,0084 | cisal. (fratura) |
| O(BMW12) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0012 | 230 | 90 | 0,0069 | cisal. (fratura) |
| O(BMW24) | 0,18 | 0,36 | C, "E" | 0,0024 | 230 | 90 | 0,0046 | cisal. (fratura) |
| O(2) | 0,4 | 0,36 | C, "E" | 0,00029 | 230 | 90 | 0,0120 | cisal. (fratura) |
| O(3) | 0,4 | 0,36 | C, "E" | 0,00058 | 230 | 90 | 0,0103 | cisal. (fratura) |
| C(A) | 0,0635 | 0,1525 | A, "U" | 0,033 | 11 | 90 | 0,0049 | cisal. (fratura) |
| C(E) | 0,0635 | 0,1525 | V, "U" | 0,021 | 14,3 | 90 | 0,0063 | cisal. (fratura) |
| C(G) | 0,0635 | 0,1525 | C, "U" | 0,018 | 21 | 90 | 0,0052 | cisal. (fratura) |
| C(45G) | 0,0635 | 0,1525 | C, "U" | 0,018 | 21 | 45 | 0,0051 | cisal. (fratura) |
| M(B2) | 0,127 | 0,133 | C, "U" | $\rho_{prf} \cdot E_{prf} = 0,409$ | | 90 | >0,0020 | flexão |
| S(S2) | 0,2 | 0,26 | C, "L" | 0,006 | 230 | 90 | 0,0010 | cisal. (desc.) |
| S(S3) | 0,2 | 0,26 | C, "U" | 0,006 | 230 | 90 | 0,0017 | cisal. (desc.) |
| S(S4) | 0,2 | 0,26 | C, "L" | 0,012 | 230 | 90 | 0,0005 | cisal. (desc.) |
| S(S5) | 0,2 | 0,26 | C, "U" | 0,012 | 230 | 90 | 0,0008 | cisal. (desc.) |
| S(S6) | 0,2 | 0,26 | C, "L" | 0,012 | 230 | 90 | >0,0009 | flexão |
| T(S1a) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0022 | 235 | 90 | 0,0041 | cisal. (desc.) |
| T(S1b) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0022 | 235 | 90 | 0,0034 | cisal. (desc.) |
| T(S2a) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0033 | 235 | 90 | 0,0032 | cisal. (desc.) |
| T(S2b) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0033 | 235 | 90 | 0,0026 | cisal. (desc.) |
| T(S3a) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0044 | 235 | 90 | 0,0020 | cisal. (desc.) |
| T(S3b) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0044 | 235 | 90 | 0,0016 | cisal. (desc.) |
| T(S1-45) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0022 | 235 | 45 | 0,0030 | cisal. (desc.) |
| T(S2-45) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0033 | 235 | 45 | 0,0022 | cisal. (desc.) |
| T(S3-45) | 0,07 | 0,10 | C, "L" | 0,0044 | 235 | 45 | 0,0013 | cisal. (desc.) |

* B = Berset; U = Uji; D = Dolan *et al.*; A = Al-Sulaimani *et al.*; O = Ohuchi *et al.*; C = Chajes *et al.*; M = Malvar *et al.*; S = Sato *et al.*; T = Triantafillou.

* V = PRFV; C = PRFC; A = PRFA; L = reforço nas laterais; U = reforço com envolvimento tipo "U"; E = reforço com envolvimento total.

* cisal. (desc.) = colapso ao cisalhamento por descolamento do reforço; cisal. (fratura) = colapso ao cisalhamento por fratura no reforço; flexão = colapso à flexão.

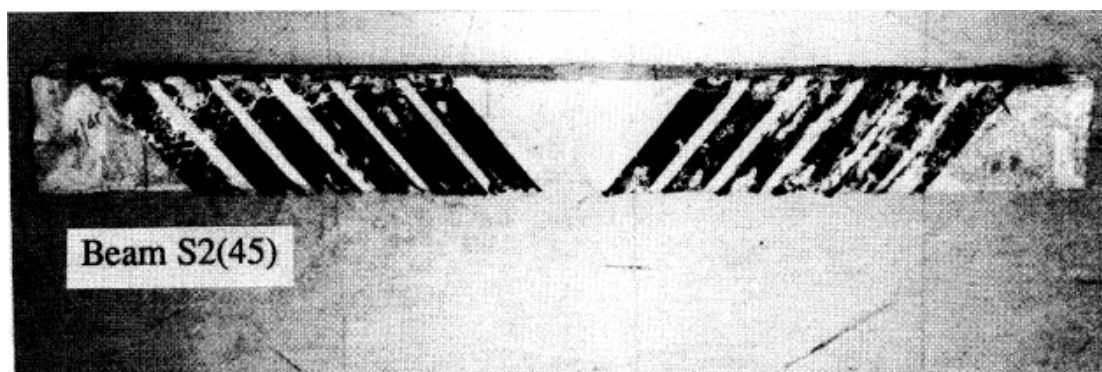


Figura 3.4 – Configuração do reforço a 45° (TRIANAFILLOU, 1998).

Triantafillou concluiu que se tratando de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto com compósitos colados, os modos de ruptura são o descolamento ou destacamento do reforço da viga e a ruptura à tração do reforço, considerando que a capacidade resistente das diagonais comprimidas não seja esgotada. Os dois primeiros tipos de ruptura podem acontecer separada ou simultaneamente e dependem principalmente das condições da ligação concreto material de reforço e do sistema de ancoragem de extremidade do reforço. A ruptura à tração do material de reforço ocorre para uma tensão menor que a sua resistência à tração, por causa da concentração de tensões nos seus bordos.

3.1.4. Grace *et al.* (1999).

Grace *et al.* estudaram 14 vigas retangulares utilizando tecido para reforçar ao cisalhamento e laminados para reforçar à flexão. As vigas possuíam seção retangular com 152 mm de largura, 292 mm de altura e vão de 2.743 mm. A armadura longitudinal era composta por quatro barras de 16 mm, e a armadura transversal por barras de 8,0 mm com espaçamento de 15,2 mm. A pesquisa tinha como objetivo analisar o efeito de diferentes tipos de reforços em vigas de concreto armado e também avaliar a ductilidade das vigas reforçadas com PRF.

Os autores concluíram que:

1. este tipo de reforço reduz a flecha e aumenta capacidade resistente da viga;
2. as fissuras são menores e melhores distribuídas;
3. a carga última de ruptura pode ser dobrada se os reforços forem colados apropriadamente na horizontal e na vertical;

4. Todas as vigas reforçadas com PRFC apresentam comportamento frágil e requerem altos fatores de segurança no dimensionamento.

3.1.5. Kachlakev e McCurry (2000).

Kachlakev e McCurry (2000) estudaram 4 vigas retangulares reforçadas com laminados de PRFC como ilustra a Figura 3.5. Trata-se de um projeto para recuperação da ponte *Horsetail Creek Bridge*.

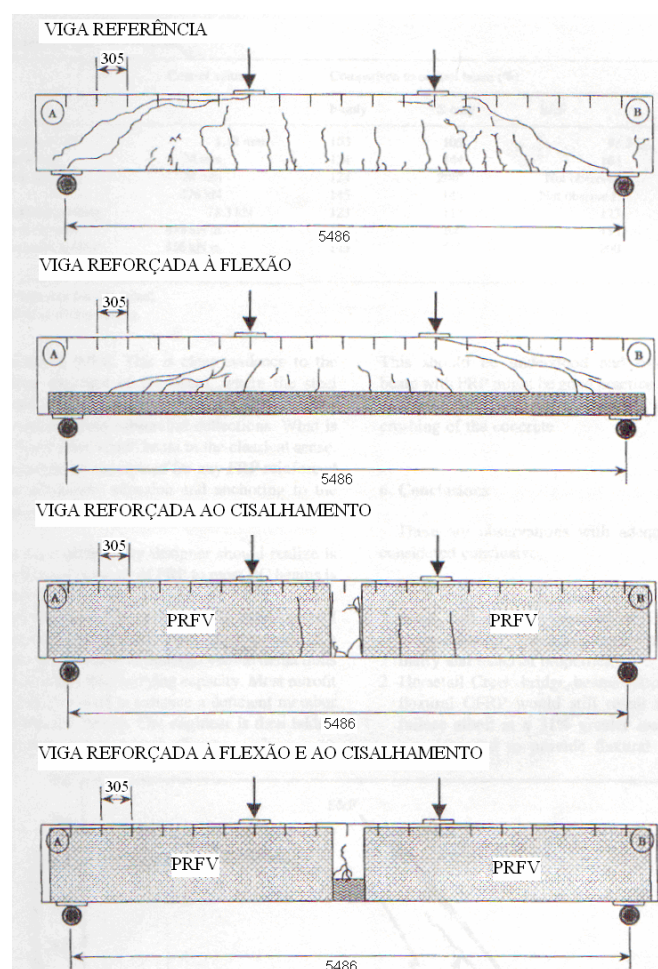


Figura 3.5 – Padrão de fissuração das vigas ensaiadas (KACHLAKEV E MCCURRY, 2000).

Os autores concluíram que o sistema em PRF pode aumentar 150% da capacidade estrutural para cargas estáticas dependendo dos modos de colapso, da geometria e das propriedades dos materiais.

3.1.6. Kanabuko *et al.* (2001).

Kanabuko *et al.* (2001) investigaram 6 vigas retangulares que apresentavam inércia maior nas extremidades e foram reforçadas com laminados de fibras de carbono, aramida e vidro. As vigas protótipo estão detalhadas na Figura 3.6.

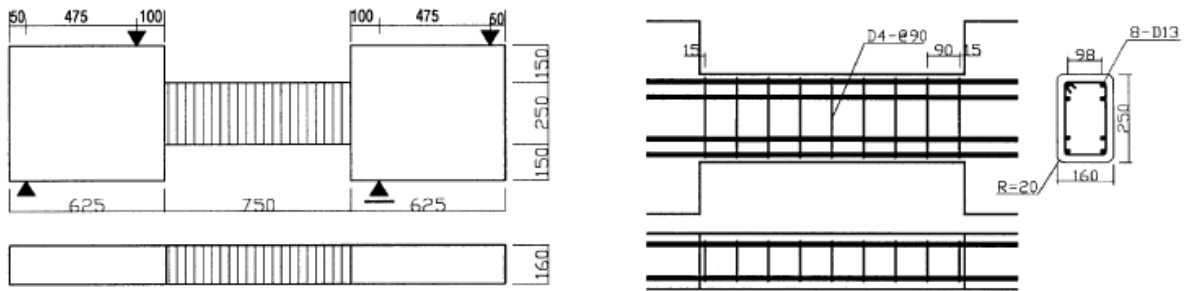


Figura 3.6 – Detalhamento dos protótipos (KANABUKO *et al.*, 2001).

O colapso das estruturas iniciou-se devido ao rompimento das fibras como mostra a Figura 3.7.

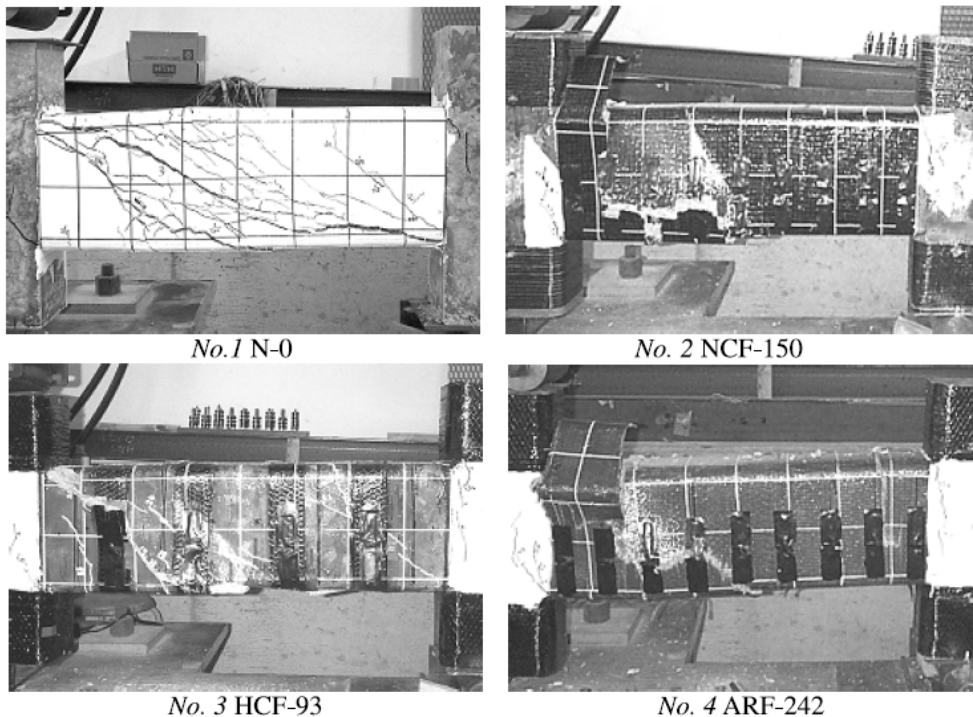


Figura 3.7 – Padrão de fissuração das vigas ensaiadas (KANABUKO *et al.*, 2001).

Com base neste estudo os autores chegaram às seguintes conclusões:

1. quando a quantidade de reforço de PRF para cada tipo de fibra foi escolhida para se obter uma rigidez constante, a força de cisalhamento versus a curva de deslocamento relativo e a relação entre a força de cisalhamento e a tensão no PRF para cada protótipo geralmente era a mesma para qualquer tipo de fibra;
2. a ruptura das fibras ocorreu devido à concentração de tensões no local das fissuras do concreto;
3. necessita-se de um coeficiente de segurança específico para cada tipo diferente de fibra, com a finalidade de avaliar os esforços de cisalhamento em vigas de concreto armado.

3.1.7. Teng *et al.* (2001).

Teng, *et al.* (2001) após terem feito uma profunda revisão bibliográfica, propuseram um modelo analítico para a determinação da contribuição do reforço externo com compósitos de PRFC aplicável tanto para o reforço em tiras quanto para o reforço contínuo. Vários esquemas de reforços foram classificados apresentando suas vantagens e desvantagens. O principal foco do trabalho foi a apresentação de vários processos analíticos de dimensionamento para reforço ao cisalhamento de vigas de concreto armado. Os autores propuseram um novo modelo analítico e afirmaram que esta proposta seria mais relacional e precisa.

3.1.8. De Lorenzis *et al.* (2001 e 2002).

De Lorenzis *et al.* em 2001 e 2002 estudaram 8 vigas de seção T com e sem a presença de estribos, reforçadas com barras de PRFC (Figura 3.8) inseridas em entalhes nas faces laterais a 45° e a 90° . Verificaram-se que as barras de PRFC inseridos em entalhes executados no concreto de recobrimento das faces laterais das vigas proporcionaram um aumento significativo da capacidade de carga das correspondentes vigas de referência (sem reforço). Para as vigas sem estribos de aço, o aumento da capacidade de carga máxima variou entre os 27,6 % e 105,6%, enquanto na viga que contém alguma percentagem de estribos o reforço proporcionou um ganho de resistência de 35%.

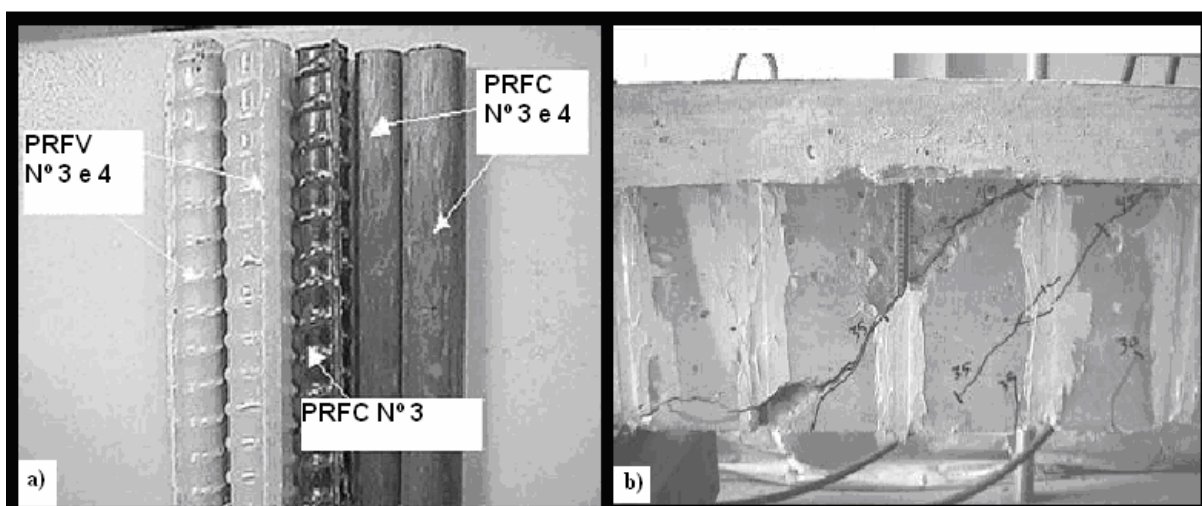


Figura 3.8 –a) Tipos de barras de PRFC e b) fissuração de viga após ensaio (DE LORENZIS *et al.* 2001).

Constataram que a resistência ao cisalhamento pode ser aumentada diminuindo o espaçamento das barras, ancorando as barras na aba da viga T, ou dispondo as barras com 45° de inclinação (mantendo o número de barras). As duas soluções conduziram a maiores comprimentos de ancoragem das barras de PRFC. Se o modo de ruína por deslizamento das barras for contornado, o fator que passa a controlar a ruptura das vigas reforçadas é o destacamento do concreto de recobrimento das armaduras longitudinais. Este fato pode ser explicado pelas diferenças existentes entre a contribuição no reforço ao cisalhamento de estribos de aço e de barras de PRFC inseridos no concreto de recobrimento. Com efeito, após a formação de fissuras diagonais, a armadura transversal (estribos de aço) aumenta a resistência ao esforço cortante de quatro formas distintas. Parte do esforço cortante foi resistido pelas armaduras que atravessam as fissuras diagonais. A armadura limitou a progressão das fissuras diagonais para a zona comprimida, deixando mais concreto não fissurado para resistir à compressão e ao cisalhamento. Os estribos reduziram a abertura das fissuras permitindo uma maior engrenagem entre as faces da fissura. Os estribos envolveram a armadura longitudinal amarrando-a ao corpo de concreto, aumentando significativamente a resistência ao cisalhamento por efeito pino. No caso do reforço ao cisalhamento de vigas de concreto armado com barras de PRFC inseridos em entalhes efetuados no concreto de recobrimento das faces laterais das vigas, apenas as três primeiras formas de contribuição na resistência ao esforço cortante são válidas, o que pode justificar o modo de ruína por destacamento do concreto de recobrimento das armaduras longitudinais observado nas vigas ensaiadas por De Lorenzis *et al.* (2001).

3.1.9. Khalifa e Nanni (1998, 1999, 2000 e 2002).

Khalifa e Nanni em 1998 analisaram 48 vigas retangulares de concreto armado e utilizaram vários sistemas de reforço. Este estudo gerou sugestões analíticas para dimensionamento.

Em 2000 analisaram 6 vigas T reforçadas com tecidos (Figura 3.9) e apresentaram várias configurações sugeridas por Khalifa (1999) para reforçar ao cisalhamento de vigas de concreto com compósitos de PRFC. Estas configurações distinguem-se quanto à configuração da superfície colada, distribuição do reforço de PRFC, orientação das fibras, sobreposição de camadas com orientações diferentes das fibras e quanto à adoção de mecanismos de ancoragem. (KHALIFA E NANNI, 2000a)

Em 2002 investigaram 12 vigas retangulares reforçadas com tecido. Utilizaram em seu trabalho a colagem de tecidos de PRFC com fibras orientadas transversalmente ao eixo da peça ou normal às potenciais fissuras de cisalhamento, que permite aumentar a resistência ao esforço cortante do elemento e sugeriram sugeriu várias configurações de colagem. Uma camada contínua de tecido de PRFC em forma de U com fibras orientadas a 90^0 . Duas camadas contínuas de tecido de PRFC, uma em forma de U com fibras orientadas a 90^0 e outra nas faces laterais nas vigas com fibras orientadas a 0^0 . Faixas de tecido de PRFC em forma de U com fibras orientadas a 90^0 , com 50 mm de largura, e espessura de 125 mm. Faixas de tecido de PRFC coladas nas faces laterais com fibras orientadas a 90^0 , com 50 mm de largura, e espessura de 125 mm. Uma camada contínua de tecido de PRFC em forma de U com as fibras orientadas a 90^0 , tendo-se considerado um sistema de ancoragem do reforço. No mesmo ano estudaram 3 vigas T em escala real, reforçadas com tecido.

Em 2002 indicaram que o benefício do reforço ao cisalhamento por colagem externa é superior no caso das vigas sem a presença de estribos. Khalifa e Nanni fazem parte do programa experimental com reforços de PRF da University of Missouri em Rolla.

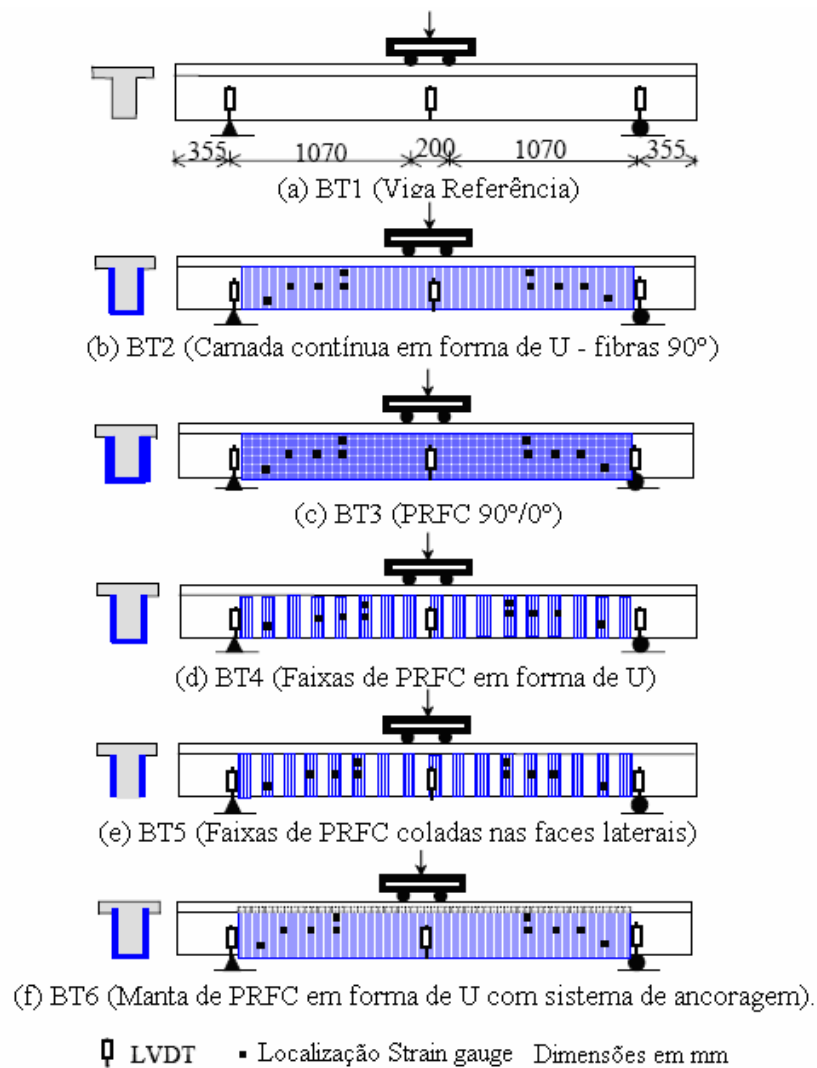


Figura 3.9 – Esquema dos reforços (KHALIFA E NANNI, 1999).

Uma das maiores contribuições dadas por estes autores foi um sistema eficaz de ancoragem do reforço em U. Os reforços foram colados perpendicularmente aos eixos das peças de seção transversal T e ancorados externamente com barras de fibra de carbono fixadas como mostra a Figura 3.10 (KHALIFA E NANNI, 1999).

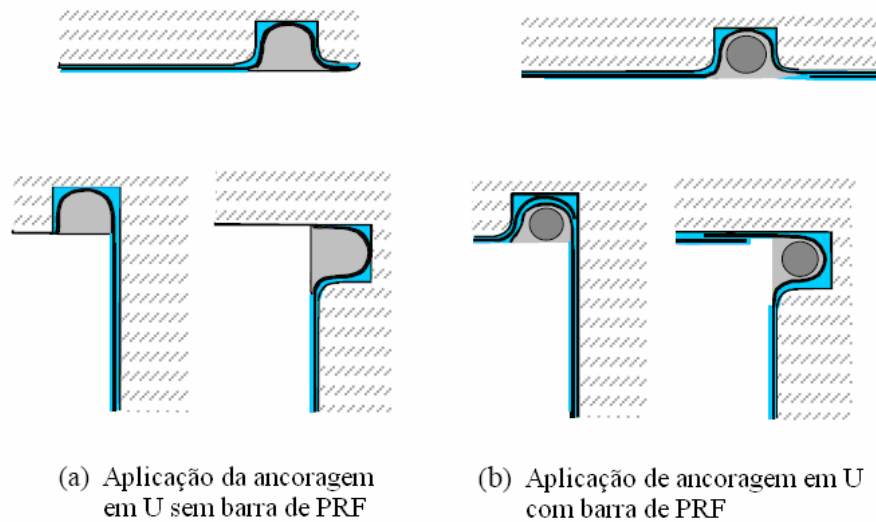


Figura 3.10 – Detalhamento de ancoragem (NANNI *et al.*, 2002).

3.1.10. Carolin (2001 e 2003).

Carolin em 2001 e 2003 analisou na dissertação de Mestrado e na tese de Doutorado da Luleå University of Technology – Suécia, 20 vigas, retangulares reforçadas com tecidos utilizando diversas configurações de colagem (Figuras 3.11 e 3.12), sendo que 17 não possuíam armadura transversal. As vigas foram denominadas da seguinte forma:

- R – Viga Referência;
- A – Viga reforçada com 200g/m² a 45°;
- B – Viga reforçada com 300g/m² a 45°;
- C – Viga reforçada com 125g/m² a 45°;
- D – Viga reforçada com 200g/m² a 0°;
- E – Viga reforçada com 200g/m² a 90°;
- F – Viga reforçada para estudo de fadiga;
- M – Viga reforçada utilizando-se argamassa como matriz;
- S – Vigas estribadas nos vãos de cisalhamento.

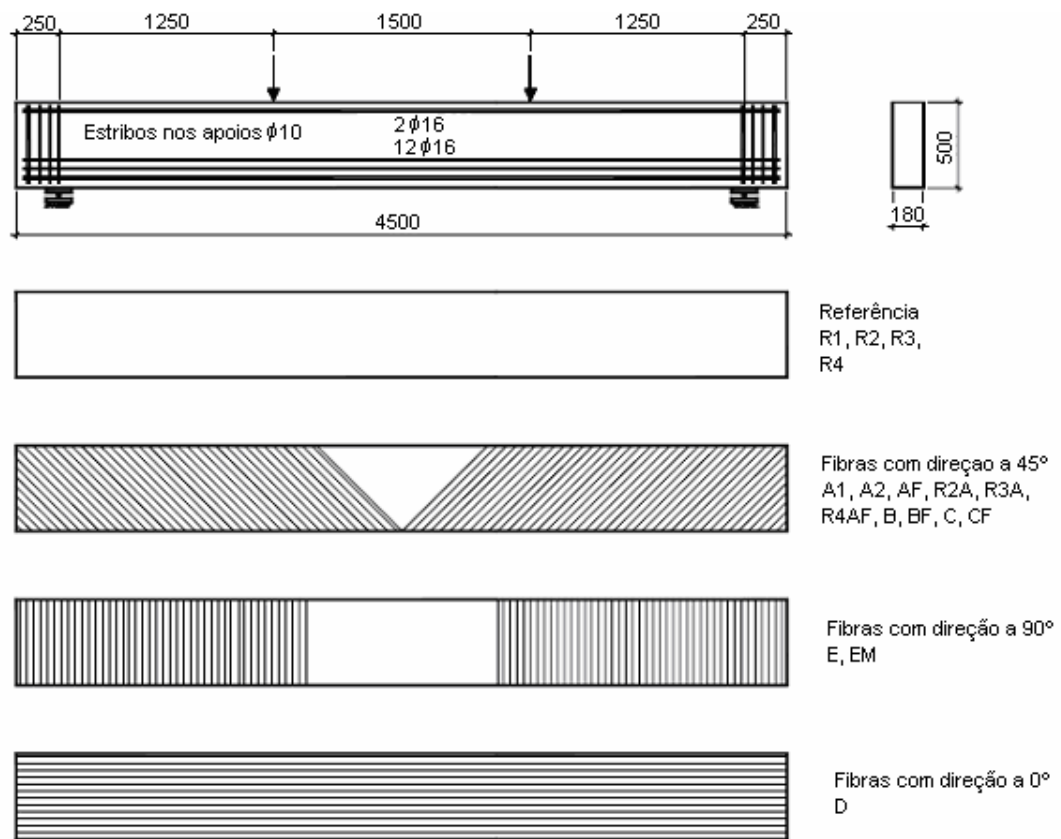


Figura 3.11 – Esquemas de reforço para vigas sem estribos no vão de cisalhamento (CAROLIN E TÄLJESTEN, 2003).

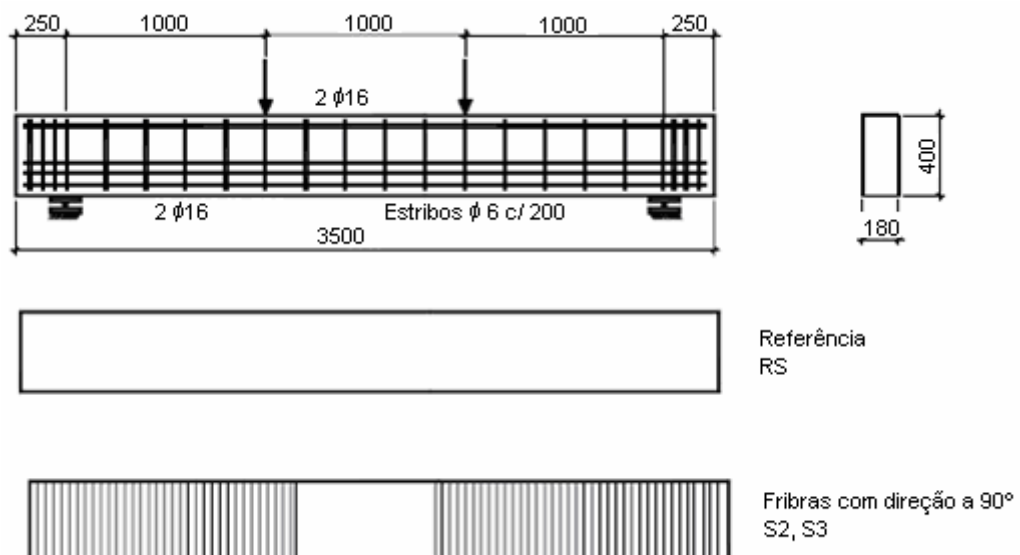


Figura 3.12 – Esquemas de reforço para vigas com estribos (CAROLIN E TÄLJESTEN, 2003).

Os autores observaram que os testes de laboratório realizados mostraram que é possível aumentar a capacidade resistente de vigas reforçadas ao cisalhamento em até 175 %.

Os resultados dos testes comparados com a teoria baseada no modelo de treliça mostraram que os cálculos podem superestimar a capacidade resistente. Esta superestima é devido à falha na ancoragem (Figura 3.13) e a não uniformidade das distribuições das deformações. Mais estudos são necessários para oferecer melhor estimativa das contribuições das fibras.

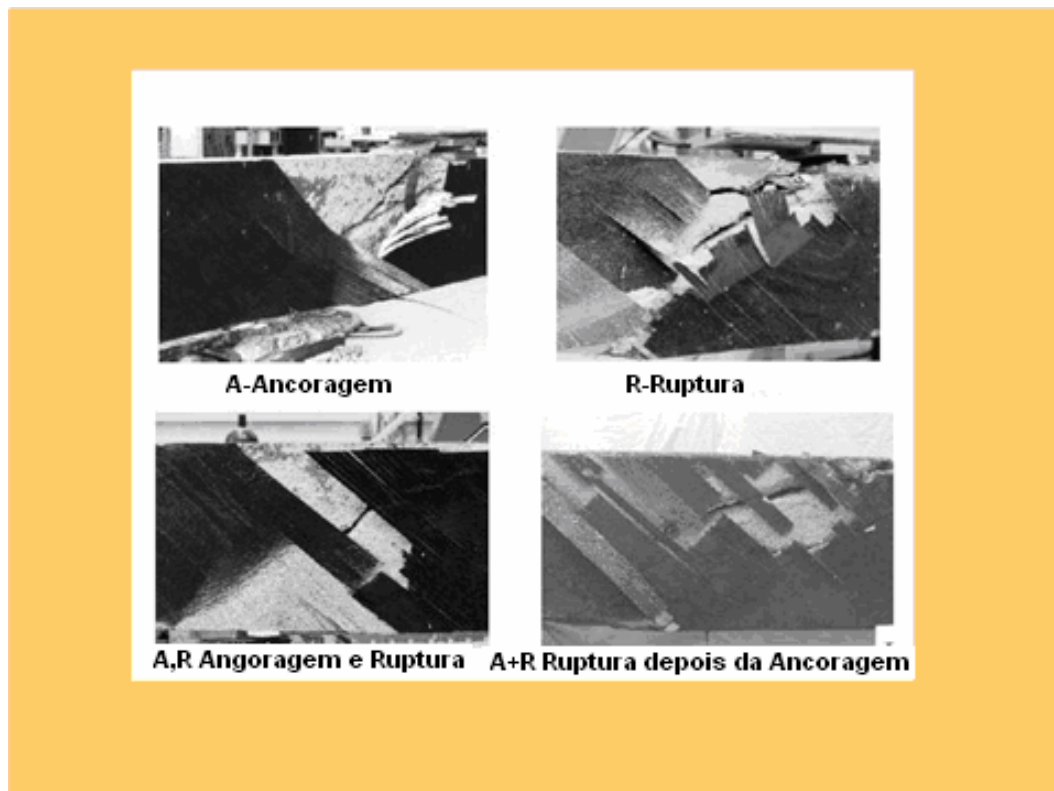


Figura 3.13 – Tipos de ruptura (CAROLIN E TÄLJESTEN, 2003).

3.1.11. Czardeski *et al.* (2003).

Czardeski *et al.* (2003) realizaram vários ensaios experimentais no Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Reserch (EMPA) sobre vigas de concreto armado para diversos programas experimentais realizados entre 1998 e 2003 com vigas de seção T reforçadas com laminados pré-fabricados em forma de L (Figuras 3.14 e 3.15).

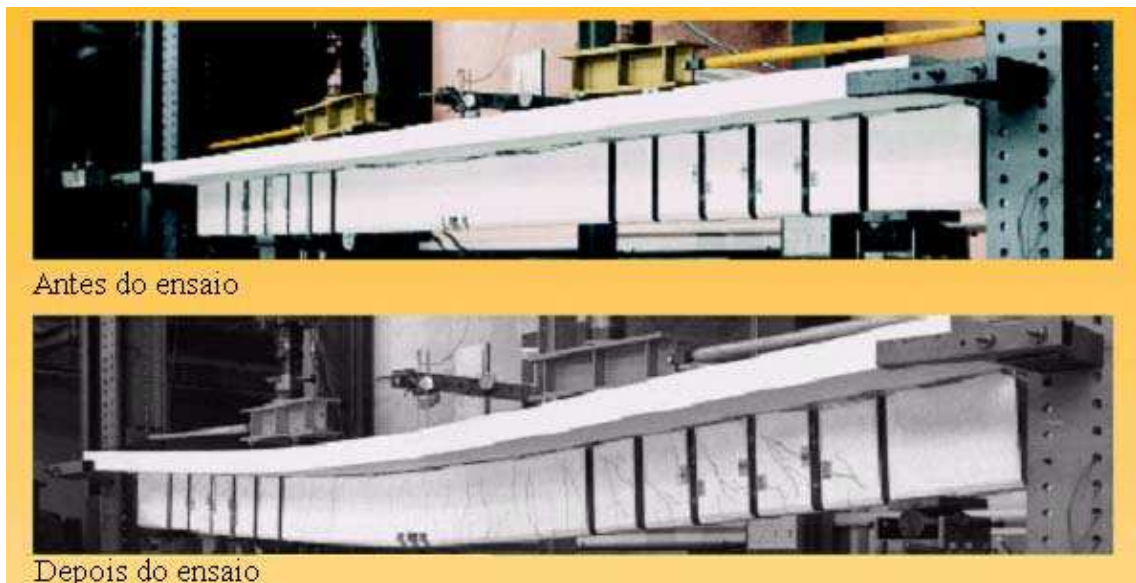


Figura 3.14 – Ensaio realizado no EMPA (CZARDESKI *et al.*, 2003).



Figura 3.15 – Laminados pré-fabricados em forma de L (Sika® CarboShear L, 2003).

Chegaram às seguintes conclusões:

1. utilizando-se este sistema, o modo de ruptura frágil por cisalhamento da viga, pode ser convertido em ruptura dúctil, por flexão, com escoamento das armaduras longitudinais;
2. o reforço proporciona aumentos na capacidade de carga da estrutura;
3. o reforço em L pode ser usado para melhorar o comportamento em serviço, uma vez que permite diminuir a deformação da viga, a abertura das fissuras e os alongamentos nos estribos;

4. pode ocorrer a ruína por descolamento do sistema de reforço.

3.1.12. Täljesten (2003), Täljesten e Elgrefen. (2000).

Täljesten e Elgrefen em 2000 estudaram 10 vigas retangulares reforçadas com vários esquemas em tecidos de PRFC (Figura 3.16). As vigas possuíam seção retangular com 180 mm de largura, 500 mm de altura e vão de 4.000 mm. A armadura longitudinal era composta por oito barras de 16 mm na parte inferior e duas barras de 16 mm na parte superior, e não possuíam armadura transversal. Os autores concluíram que os resultados obtidos indicaram que o reforço ao cisalhamento foi eficaz, atingindo quase 300% de ganho.

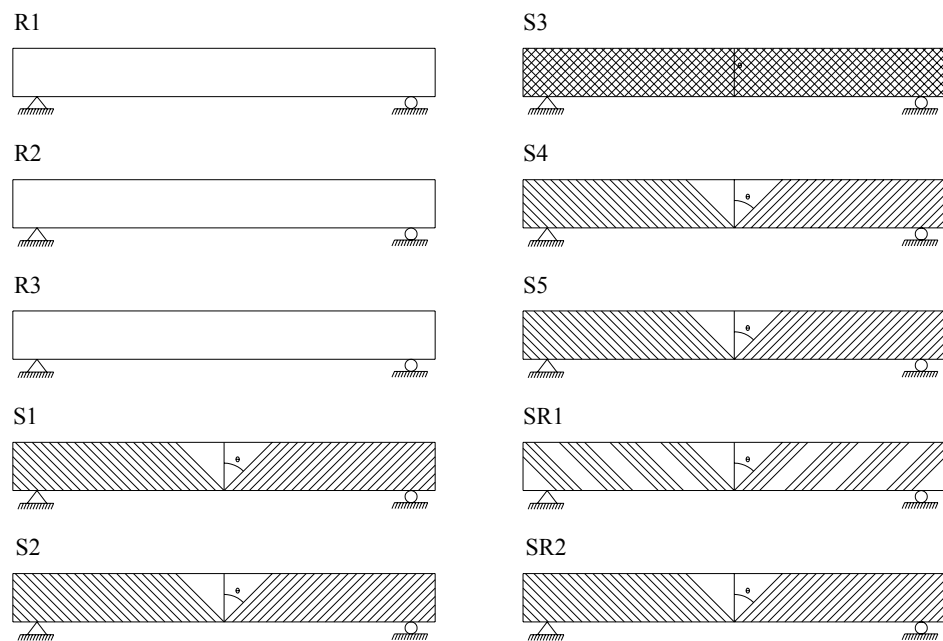


Figura 3.16 – Detalhes dos reforços externos das vigas ensaiadas (TÄLJESTEN *et al*, 1999).

Em 2003 Täljesten estudou 7 vigas T reforçadas com tecidos (Figura 3.17), sugerindo equações analíticas para dimensionamento. As vigas eram em seção T, sendo que no trabalho consta somente o dimensionamento da alma: 180 mm de largura, 500 mm de altura e vão de 4.000 mm. A armadura longitudinal era composta por doze barras de 16 mm na parte inferior e duas barras de 16 mm na parte superior, e a armadura transversal era composta por dezesseis barras concentradas nos apoios. Este trabalho tinha por finalidade aplicação em grandes estruturas de pontes.

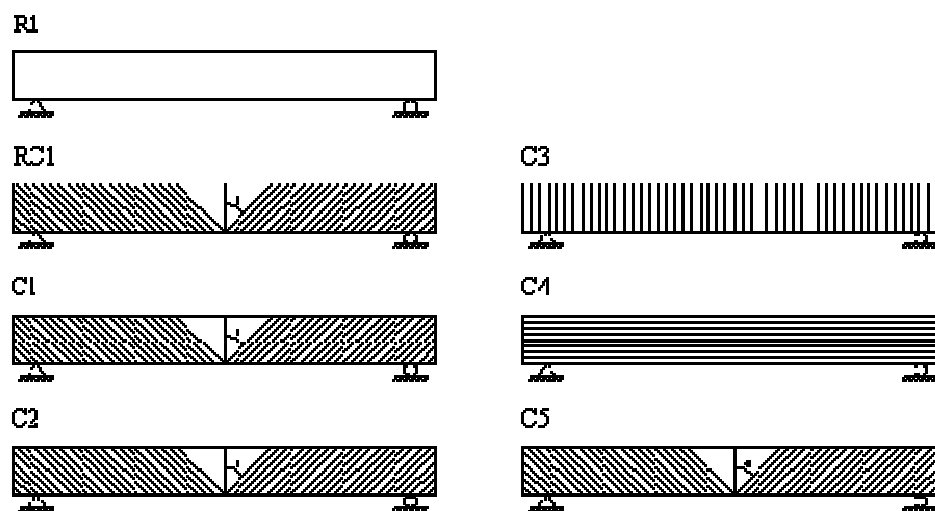


Figura 3.17 – Detalhes dos reforços externos das vigas ensaiadas (TÄLJESTEN *et al.*, 2003).

3.1.13. Adhikary *et al.* (2004).

Adhikary *et al.* (2004) fizeram uma profunda revisão bibliográfica com estudos de diversas análises experimentais descritas na literatura. Os autores investigaram experimentalmente 9 vigas retangulares sendo quatro reforçadas com tecido de PRFC e quatro reforçadas com tecido de PRFA, conforme Figura 3.18. Propuseram algumas equações analíticas, pois observaram que as existentes nas prescrições normativas ficavam distantes dos resultados encontrados. Concluíram que:

1. A eficácia dos tecidos de PRFC e PRFA foi confirmada, sendo que o máximo incremento de carga atingido foi de 123% para as vigas reforçadas com PRFC e 118% para as demais;
2. Ficou confirmado que a ancoragem no topo das vigas reforçadas com envolvimento tipo U é eficaz e produz menos descolamentos, conforme ilustra a Figura 3.19;
3. As equações propostas neste estudo podem ser usadas com segurança, pois apresentaram precisões satisfatórias.

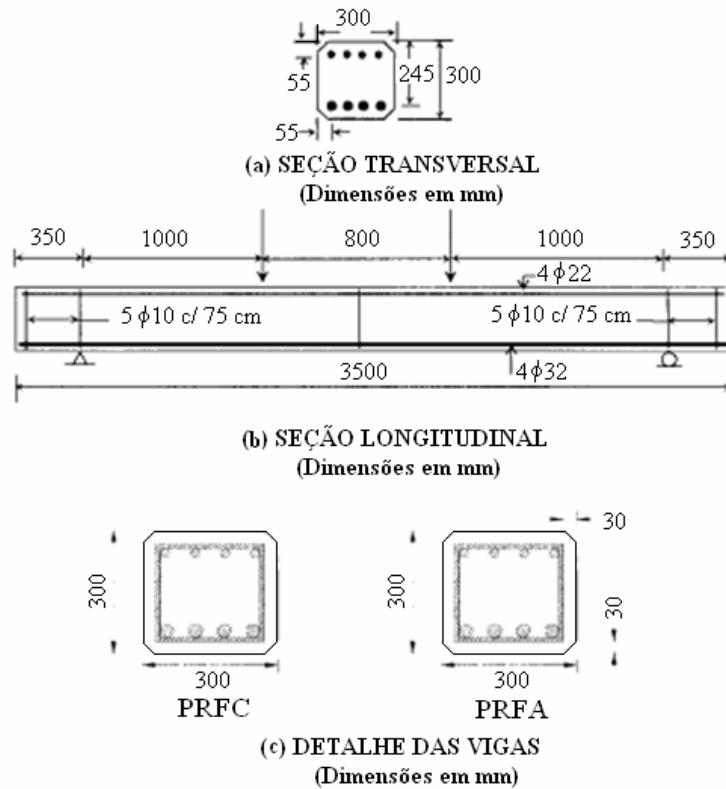


Figura 3.18. – Configuração das vigas ensaiadas (ADHIKARY *et al.*, 2004).



Viga C-1

Viga A-1

Figura 3.19 – Características das vigas após o ensaio (ADHIKARY *et al.*, 2004).

3.1.14. Dias e Barros (2003 e 2005).

Dias e Barros em programas experimentais sobre reforços com PRFC da Universidade do Minho, Portugal, realizaram em 2003 ensaios experimentais com vigas retangulares. O programa de ensaios experimentais era constituído por duas séries de vigas de concreto armado (séries A e B conforme Figura 3.20). A série A dispunha de dez vigas com seção transversal de $0,15 \times 0,3 \text{ m}^2$, comprimento de 1,6 m e vão de 1,5 m. As dez vigas da

série B tinham seção transversal de $0,15 \times 0,15 \text{ m}^2$, comprimento de $1,0 \text{ m}$ e vão de $0,9 \text{ m}$. Todas as vigas tinham um vão de cisalhamento igual a duas vezes a altura da seção transversal ($a/h = 2$). Para cada uma das séries foram considerados dois tipos de armaduras longitudinais na face tracionada, um constituído por $4\Phi 10 \text{ mm}$ e o outro por $4\Phi 12 \text{ mm}$. Em todas as vigas foram utilizados $2\Phi 6 \text{ mm}$ para armadura longitudinal de compressão.

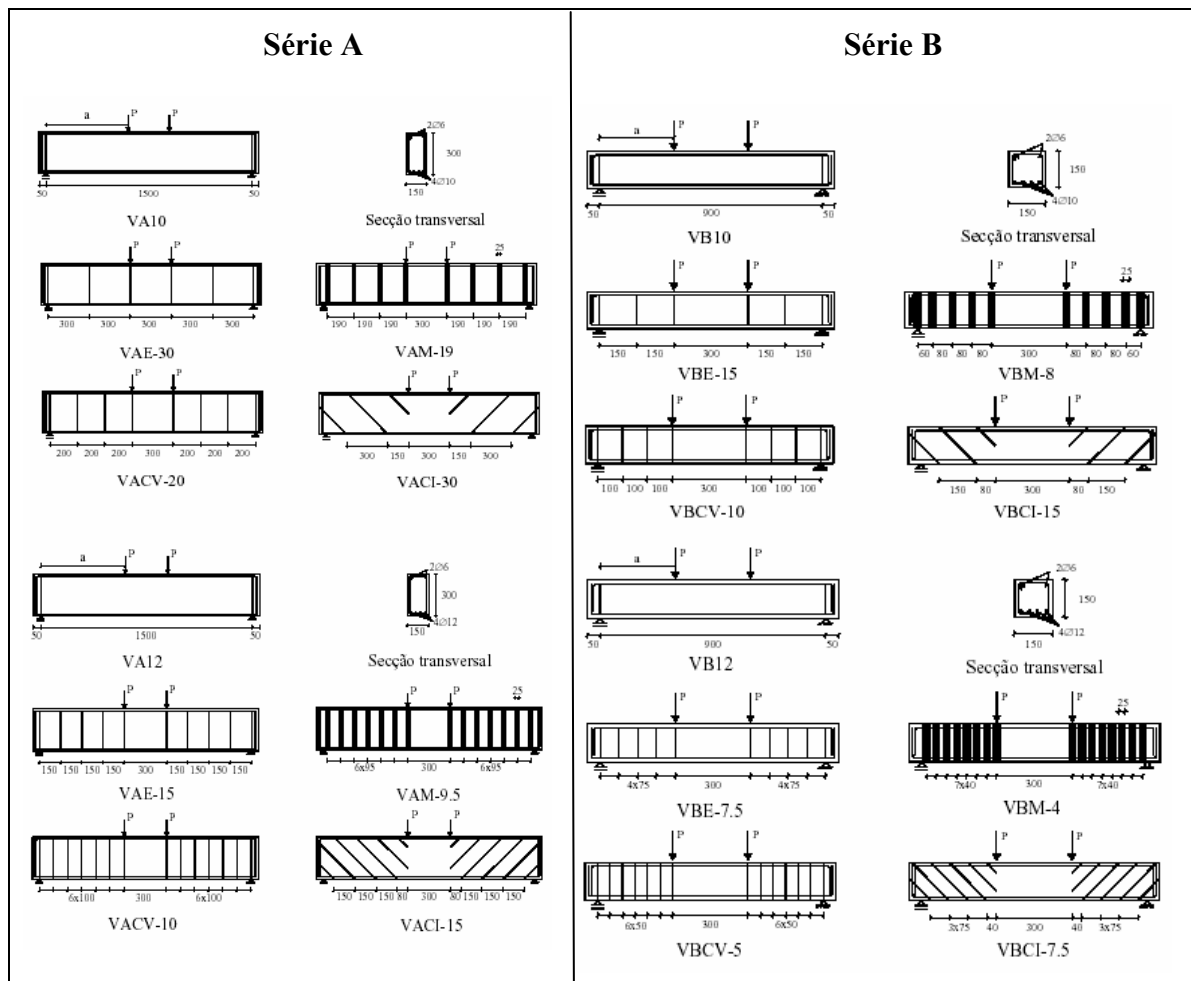


Figura 3.20 – Características das vigas das séries A e B (DIAS, E BARROS 2003).

O reforço ao cisalhamento foi efetuado recorrendo-se a quatro distintos sistemas: o convencional utilizando estribos verticais de aço e os restantes três utilizando compósitos de PRFC unidirecionais. Para esta última solução foram utilizadas faixas discretas de tecido de PRFC, em forma de U, coladas externamente, e laminados de PRFC inseridos em entalhes efetuados no concreto de recobrimento das faces laterais da viga (entalhes verticais e entalhes inclinados a 45°). A quantidade de reforço nos vários sistemas utilizados foi determinada de forma que o modo de ruína dos elementos fosse por cisalhamento (Figura 3.21) e para valores de carga semelhantes.



Figura 3.21 – Modos de ruptura verificados na série A (DIAS E BARROS, 2003).

Os autores concluíram que:

1. a utilização de compósitos de PRFC como elementos resistentes ao esforço cortante, colados externamente (tecidos) ou inseridos no concreto de recobrimento (laminados), permite aumentar significativamente a capacidade máxima de carga de vigas de concreto armado com ruptura por cisalhamento;
2. dentre as técnicas de reforço ao cisalhamento com PRFC, a que permitiu maior incremento da carga máxima foi a baseada na inserção de laminados em entalhes efetuados no concreto de recobrimento das faces laterais das vigas. Tendo por base o comportamento registrado nos modelos não reforçados, verificou-se que a capacidade de carga máxima dos modelos reforçados com faixas de tecido e com laminados inseridos aumentou, em média, 54% e 83%, respectivamente;
3. após a carga de pico, as vigas reforçadas com laminados inseridos apresentaram uma capacidade de carga residual superior ao registrado nas restantes vigas.

Em 2005 ensaiaram 16 vigas T submetidas a 3 pontos de carga até suas rupturas, com os seguintes materiais inseridos no concreto de recobrimento: estribos de aço verticais, discretas faixas de tecido de PRFC coladas externamente em forma de U, laminados de PRFC dispostos verticalmente ou inclinadas a 45°, conforme Figuras 3.22 e 3.23. O objetivo era analisar a influência de parâmetros como a percentagem de estribos de aço, a percentagem de PRFC e a inclinação dos laminados. Esta inclinação foi avaliada em termos de capacidade de carga da viga, de capacidade de deformação na ruptura e os modos de ruína (Figura 3.24).

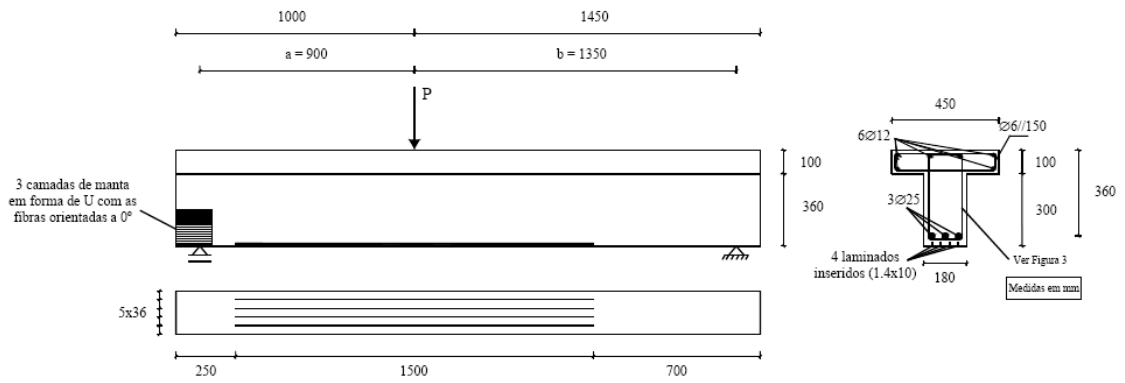


Figura 3.22 – Características das vigas ensaiadas (DIAS E BARROS, 2005).

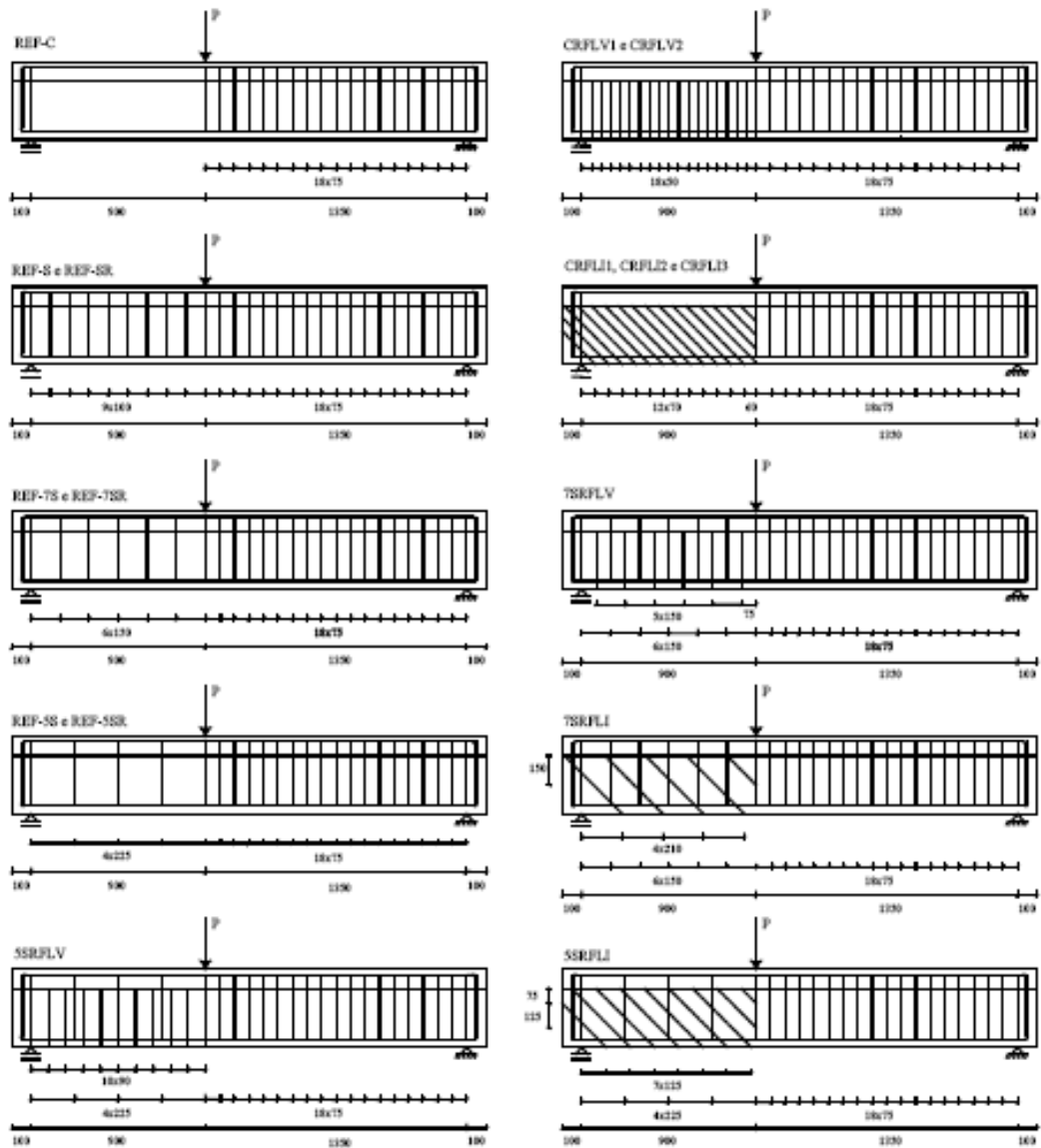


Figura 3.23 – Configuração dos reforços (DIAS E BARROS, 2005).

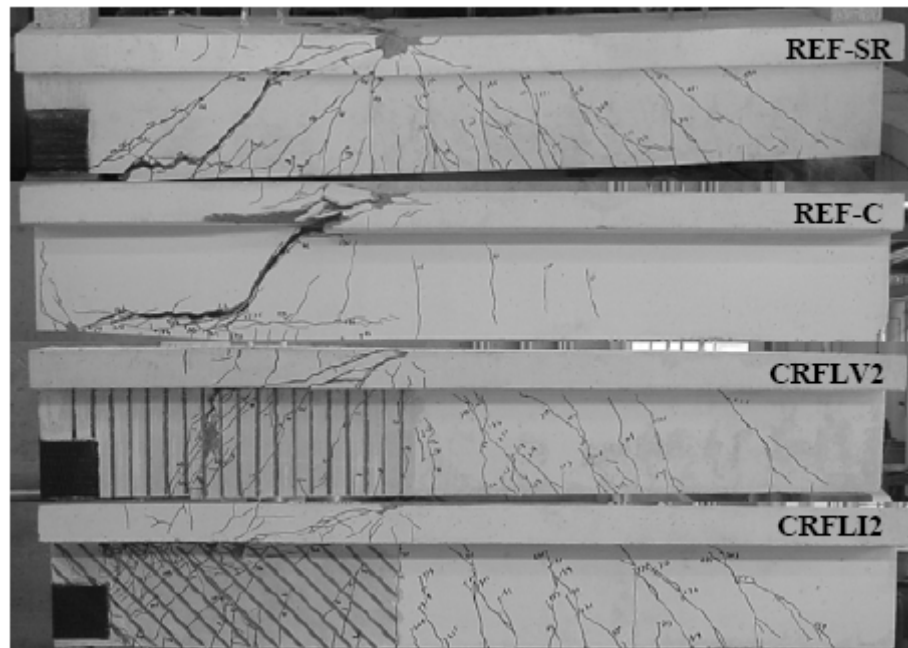


Figura 3.24 – Configuração do modo de ruína e das fissuras após os ensaios. (DIAS E BARROS, 2005).

Os autores concluíram que:

1. a aplicação da técnica NSM (Near Surface Mounted) no reforço ao cisalhamento de vigas T é viável, quer para vigas sem qualquer armadura transversal, quer para vigas com a presença de estribos de aço;
2. tendo por base os resultados obtidos na viga de referência sem qualquer armadura de esforço cortante (REF-C), verificou-se que os modelos reforçados ao cisalhamento unicamente com PRFC apresentaram um aumento médio da carga máxima de 93% para a solução de laminados verticais e 140% para a solução de laminados inclinados a 45°. Levando em consideração a carga máxima da viga de concreto armado REF-SR, que contém a quantidade máxima de estribos considerada, os modelos reforçados ao cisalhamento unicamente com PRFC apresentaram uma carga máxima de 70% para a solução de laminados verticais e 87% para a solução de laminados inclinados a 45°;
3. em termos de carga de serviço, as vigas reforçadas ao cisalhamento unicamente com laminados de PRFC inclinados a 45° foram as que apresentaram maior capacidade de carga;

4. dentre as vigas reforçadas ao cisalhamento com PRFC as que tinham estribos de aço tiveram melhor comportamento em termos de carga máxima e respectiva flecha na seção de aplicação da carga;
5. o reforço ao cisalhamento com PRFC proporcionou em algumas das soluções testadas a cedência das armaduras longitudinais.

3.1.15. Oehlers *et al.* (2005).

Os autores através de estudo analítico comprovaram uma técnica para aumentar a resistência ao cisalhamento vertical em vigas reforçadas de concreto armado é colar tiras de PRF nos lados das vigas com as fibras orientadas na direção transversal ou vertical. O PRF age como estribos externos que resistem ao cisalhamento vertical da mesma maneira como os estribos de aço internos convencionais. Porém, os estribos de aço internos são flexíveis e bem ancorados podendo atingir o escoamento, o que contrasta com os estribos de PRF externos que podem se descolar de modo frágil. Conseqüentemente, não há nenhuma garantia que as forças cortantes verticais de pico, as que podem ser resistidas pelos estribos de aço e pelas lâminas de PRF transversais, coincidam.

Para reforços colados nas laterais ou em U as lâminas transversais ainda resistem ao cisalhamento vertical depois que a fissura diagonal crítica formou-se conforme mostra a Figura 3.25. O deslocamento de corpo rígido pela fissura diagonal crítica introduz forças axiais na lâmina que resiste as forças verticais de cisalhamento da mesma forma como os estribos de aço internos.

As forças axiais nas lâminas transversais individuais, assim como nos estribos de aço internos V_{sw} variam ao longo do comprimento da fissura diagonal crítica. Isto ocorre porque as forças axiais dependem das larguras das fissuras w e dos comprimentos de ancoragem em qualquer lado da fissura diagonal crítica tanto nas lâminas transversais externas quanto nos estribos de aço internos. Além disso, como o comportamento das laminas de FRP transversal tende ser frágil, os laminas podem descolar numa resistência ao cisalhamento menor que a soma das capacidades de pico individuais, sendo que estas podem até mesmo descolar quando a força de cisalhamento nos estribos de aço V_{sw} for menor que a capacidade de pico no escoamento.

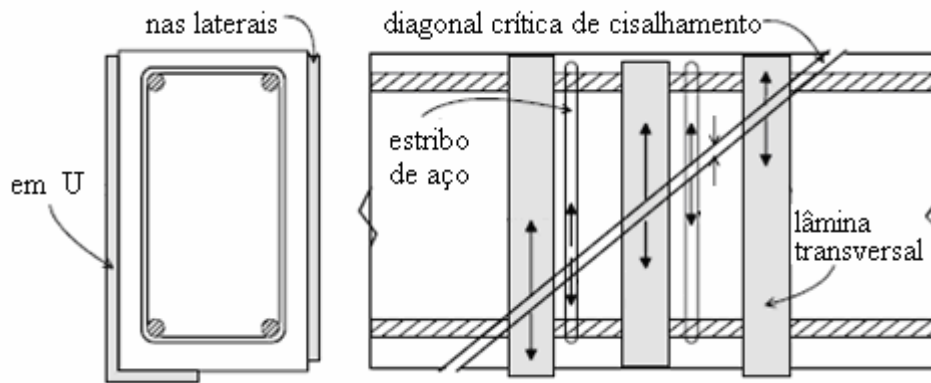


Figura 3.25 – Ação nos estribos Oehlers et al. (2005).

3.1.16. Sim *et al.* (2005).

Sim *et al.* ensaiaram 10 vigas reforçadas com laminados e tecidos de PRFC e laminados de PRFV. Este trabalho tinha por objetivo estudar o efeito do cisalhamento e o comportamento das vigas de concreto reforçadas com PRFC e PRFV. O dimensionamento das vigas e os sistemas de reforços adotados estão ilustrados nas Figuras 3.26 e 3.27.

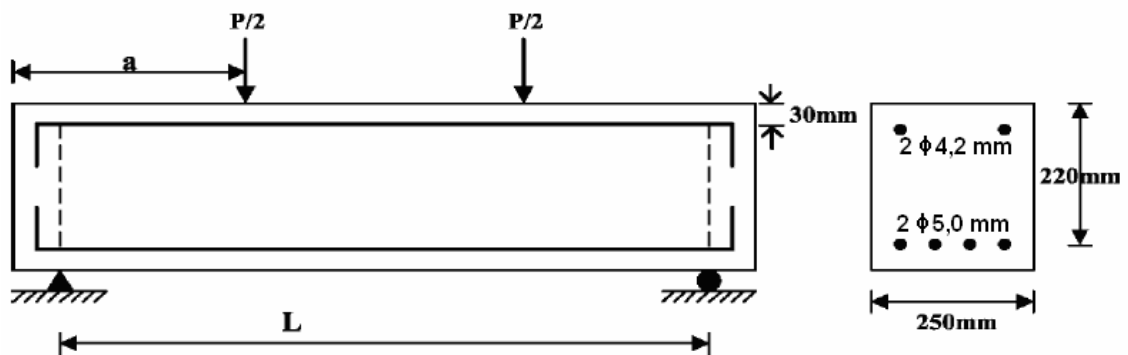


Figura 3.26 – Dimensionamento das vigas ensaiadas (SIM *et al.*, 2005).

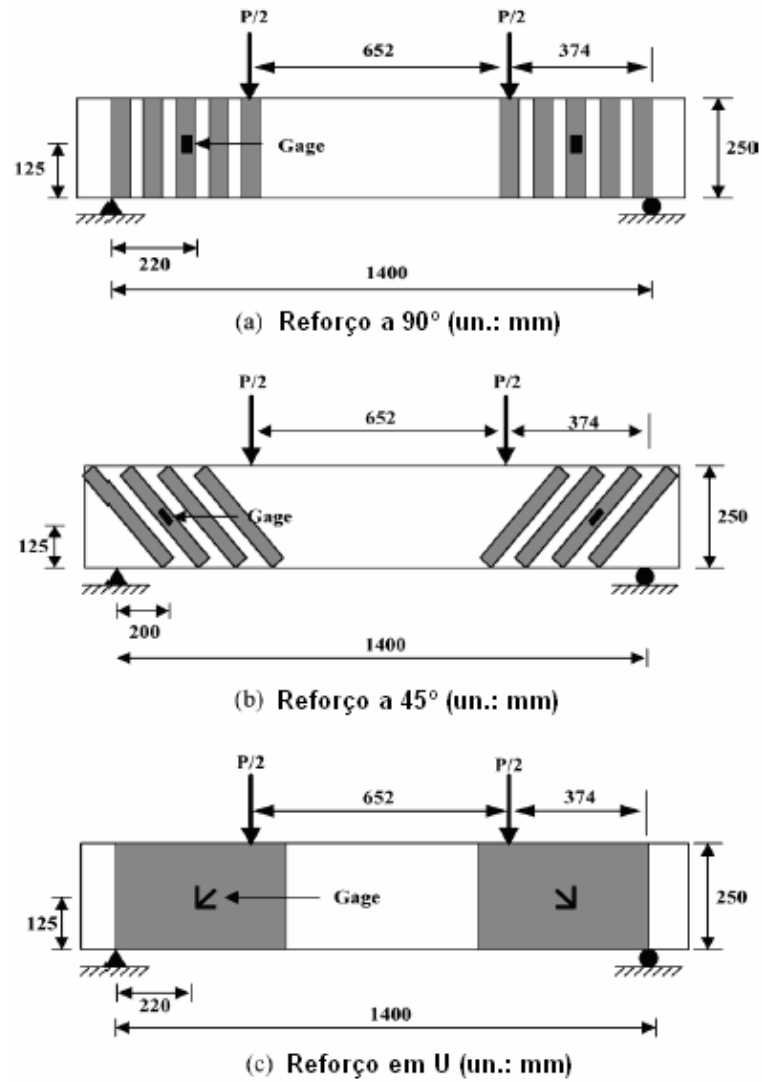


Figura 3.27 – Sistemas de reforços utilizados (SIM *et al.*, 2005).

A Tabela 3.2 exibe os resultados obtidos.

Tabela 3.2 – Descrição, carga de ruptura e incremento de carga nas vigas ensaiadas (SIM *et al.*, 2006).

| Vigas | Descrição | | Carga de ruptura (KN) | Incremento de carga (%) |
|--------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------------|
| | Materiais | Métodos | | |
| CON | Viga referência | | 105,0 | - |
| CP90II | PRFC | 90° L | 173,0 | 64,8 |
| CP90S | | 90° U | 163,0 | 54,8 |
| CP45S | | 45° U | 178,0 | 69,0 |
| CS90II | TFC | 90° L | 170,0 | 61,9 |
| CS45II | | 45° U | 182,0 | 73,3 |
| CS90U | | 90° C | 133,0 | 26,7 |
| GP90II | PRFV | 90° L | 168,0 | 60,0 |
| GP45II | | 45° L | 180,0 | 71,4 |
| GP90U | | 90° C | 177,0 | 68,6 |

L - ENVOLVIMENTO EM L U - ENVOLVIMENTO EM U C - ENVOLVIMENTO COMPLETO

Os autores concluíram que:

1. Todas as vigas romperam de forma brusca apresentando descolamento dos materiais de PRF.
2. A capacidade resistente das vigas reforçadas aumentou em mais de 54%.
3. A orientação das fibras foi um fator importante. Com a orientação das vigas a 45° obteve-se maior efeito de reforço e melhor controle da propagação das fissuras.

3.1.17. Chaallal *et al.* (1998, 2005 e 2006).

Chaallal *et al.* (1998) ensaiaram 8 vigas retangulares com estribos e com laminados de PRFC colados externamente nas faces das vigas a 90° e a 45°, com objetivo de avaliar a eficácia da utilização de laminados de PRFC no reforço ao cisalhamento, sendo estes colados externamente nas faces laterais das vigas. Estes autores ensaiaram quatro grupos de vigas (duas vigas por grupo). As vigas do primeiro grupo foram dimensionadas de forma a ser evitada a ruptura por cisalhamento, dispondo de estribos de 6 mm de diâmetro afastados de 50 mm. As vigas do segundo grupo tinham estribos de 6 mm afastados de 200 mm. As vigas dos restantes dois grupos eram semelhantes às vigas do grupo anterior, mas foram reforçadas ao cisalhamento com laminados de PRFC colados externamente nas faces laterais das vigas. No terceiro grupo de vigas foram colados laminados na direção perpendicular ao eixo da viga (laminados verticais) com 50 mm de largura, 1 mm de espessura e espaçados de 100 mm, enquanto no quarto grupo de vigas, laminados do mesmo tipo foram colados com uma inclinação de 45° e afastados entre si de 150 mm. Assim, as orientações adotadas para as fibras foram semelhantes às representadas na Figura 3.28 (grupo 3) e na Figura 3.28 (grupo 4). O critério de reforço adotado teve como objetivo que as vigas dos grupos 3 e 4 tivessem capacidade resistente igual a das vigas do grupo 1.

Na Tabela 3.3 registram-se os valores médios da carga máxima e respectivo deslocamento central para os quatro grupos de vigas ensaiadas. Quando comparadas com as vigas do grupo 2 (vigas com uma pequena percentagem de armadura transversal) constata-se que a quantidade de estribos das vigas do grupo 1 permitiu um aumento de 105% na carga máxima das vigas, enquanto os PRFC garantiram incrementos de 71% e 82%, sendo o maior

valor o registado nas vigas com laminados inclinados (grupo 4). Comparando a força máxima registada nas vigas reforçadas com PRFC com a obtida nas vigas do grupo 1 verifica-se que nas vigas dos grupos 3 e 4 alcançou-se um valor 16% e 11% inferior, respectivamente. Também se constatou que, quando comparado com o deslocamento de pico (deslocamento a meio vão correspondente à carga máxima) verificado nas vigas do grupo 2, o deslocamento de pico registado nas vigas do grupo 1 foi 237% superior, enquanto nas vigas reforçadas com laminados verticais e inclinados foi 9% e 43% superior, respectivamente.

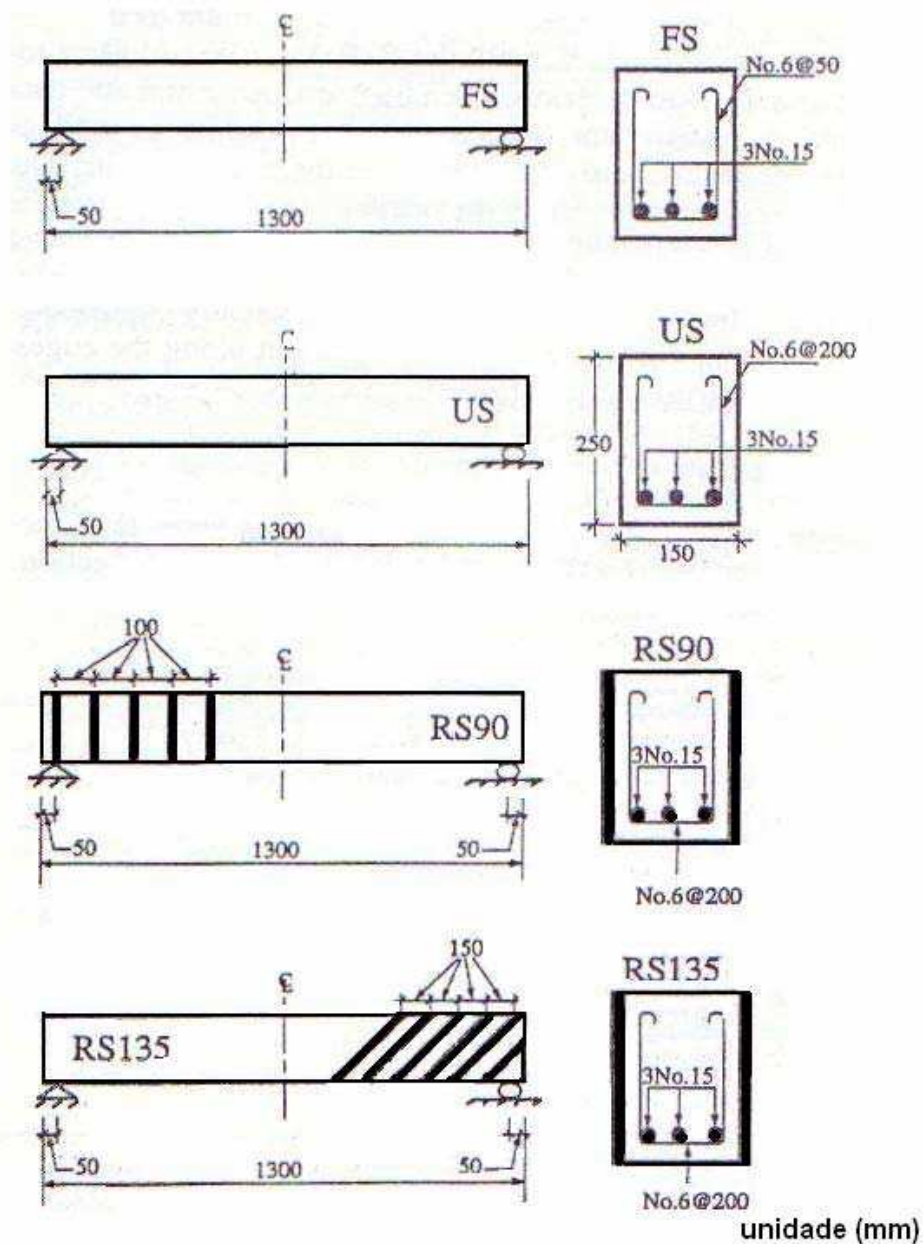


Figura 3.28 – Reforço ao cisalhamento com compósitos de PRFC (CHAALLAL et al., 1998).

Tabela 3.3 – Resultados dos modelos ensaiados (CHAALLAL *et al.*, 1998).

| Vigas | Reforço ao cisalhamento | Capacidade resistente máxima | |
|---------|---|------------------------------|------------------------------|
| | | Carga Máxima [KN] | Deslocamento Central [mm] |
| Grupo 1 | ϕ 6 c/ 50 | 218,0 | 11,8 |
| Grupo 2 | ϕ 6 c/ 200 | 106,5 | 3,5 |
| Grupo 3 | ϕ 6 c/ 200 + PRFC-verticais c/ 100 | 182,5 | 3,8 |
| Grupo 4 | ϕ 6 c/ 200 + PRFC-verticais 45° c/ 150 | 193,5 | 5,0 |

Os autores deste estudo concluíram que:

1. A colagem externa de laminados de PRFC aumenta a ductilidade e a capacidade de carga última;
2. Os laminados dispostos com uma inclinação a 45° conduziram a melhores resultados que os laminados verticais em termos do controle da fissuração, da rigidez e capacidade de carga última;
3. O descolamento do reforço foi o modo de ruína típico das vigas reforçadas ao cisalhamento com laminados de PRFC colados externamente.

Chaallal *et al.* (2005), em um programa experimental realizaram 12 ensaios em 6 vigas T (Figura 3.29). Os protótipos foram reforçados com uma e duas camadas de tecido de PRFC.

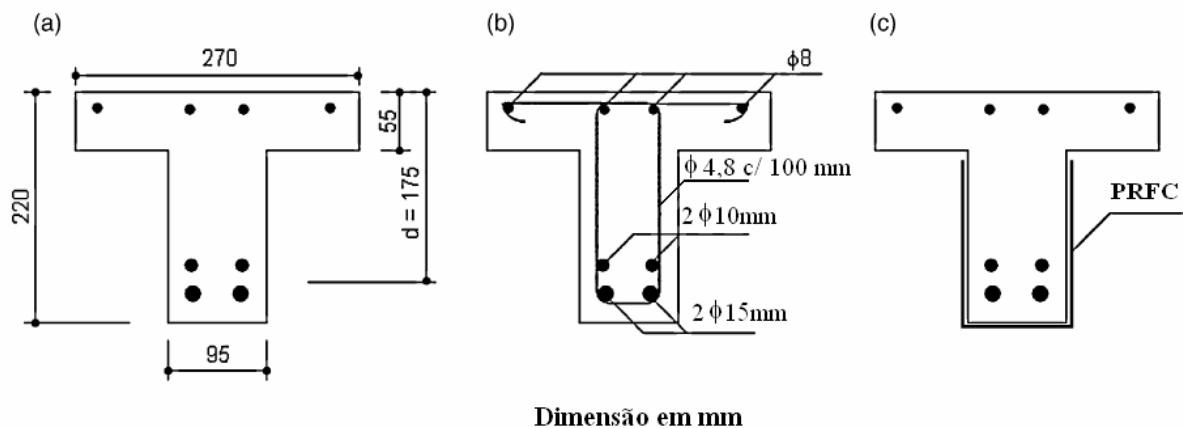


Figura 3.29 – Detalhes das vigas ensaiadas: (a) seção transversal sem estribos (b) seção transversal com estribos (c) seção transversal com PRFC (CHAALLAL *et al.*, 2005)

As vigas foram ensaiadas em três pontos à flexão conforme Figura 3.30.

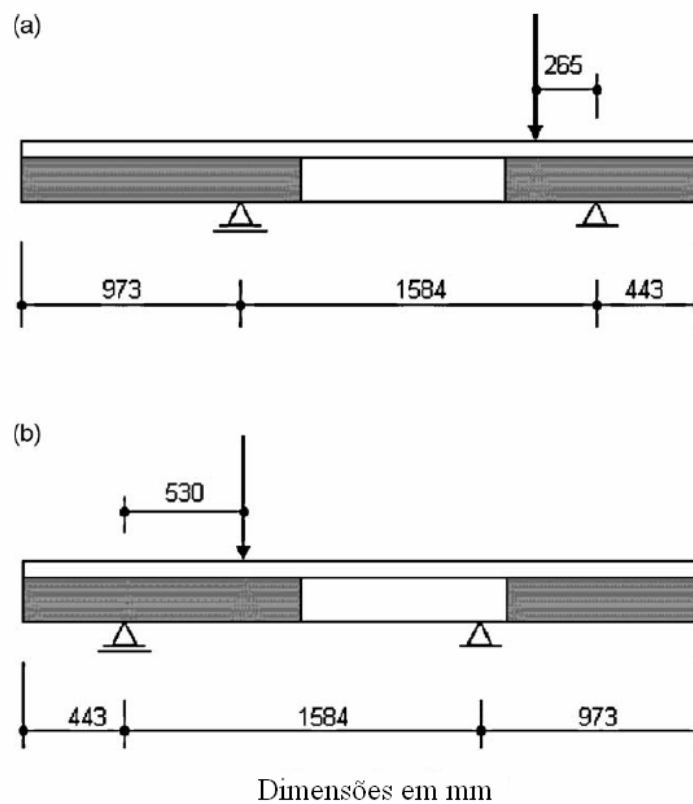


Figura 3.30 – Representação das duas etapas de ensaio na mesma viga (CHAALLAL *et al.*, 2005)

Ao comparar os resultados obtidos nos ensaios com os resultados previstos no ACI 440.20-02, na CSA S806-02 e na fib TG9.3, os autores verificaram que a resistência ao cisalhamento devido ao PRF para as vigas sem armadura transversal foram subestimadas, como por exemplo o ACI 440R, que previa 2,7 KN, mas nos ensaios foi obtido 23,2 KN. Para as vigas com armadura transversal, os resultados experimentais demonstraram que a contribuição da resistência ao cisalhamento devido ao PRF é significativamente reduzida quando comparada com a viga sem armadura transversal, por exemplo, a resistência obtida foi de 2,8 KN, contra os 23,2 obtidos na viga sem armadura transversal.

As principais conclusões desta pesquisa foram:

1. O ganho da capacidade resistente ao cisalhamento foi significativo nas vigas com estribos, enquanto nas vigas sem estribo foi muito modesto;

2. O aumento da espessura do PRFC proporcionou um ganho adicional para as vigas com estribos, enquanto para as outras, nem um ganho notável foi observado;
3. Finalmente, comparando-se os valores das resistências ao cisalhamento obtidas através da ACI 440.20-02, da CSA S806-02 e da fib TG9.3 (2001) com os resultados obtidos experimentalmente, ficou claramente demonstrado que as recomendações acima falharam ao determinar a influência dos parâmetros estudados.

Chaallal *et al.* (2006) realizaram em uma campanha experimental 22 ensaios em 11 vigas T (Figura 3.31 e 3.32) em escala real.

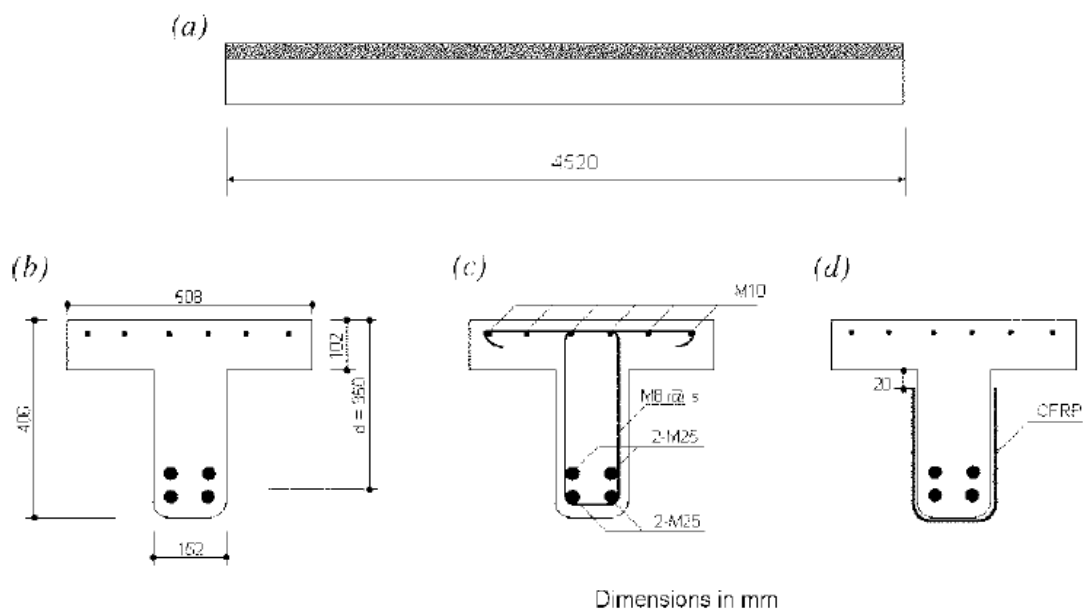


Figura 3.31 – Detalhamento das vigas (CHAALLAL *et al.*, 2006).

Para o reforço foi utilizado tecido bidirecional a 0° e 90° com módulo de elasticidade igual a 243 GPa.

A Figura 3.33 ilustra o posicionamento dos instrumentos de medição de deformações.

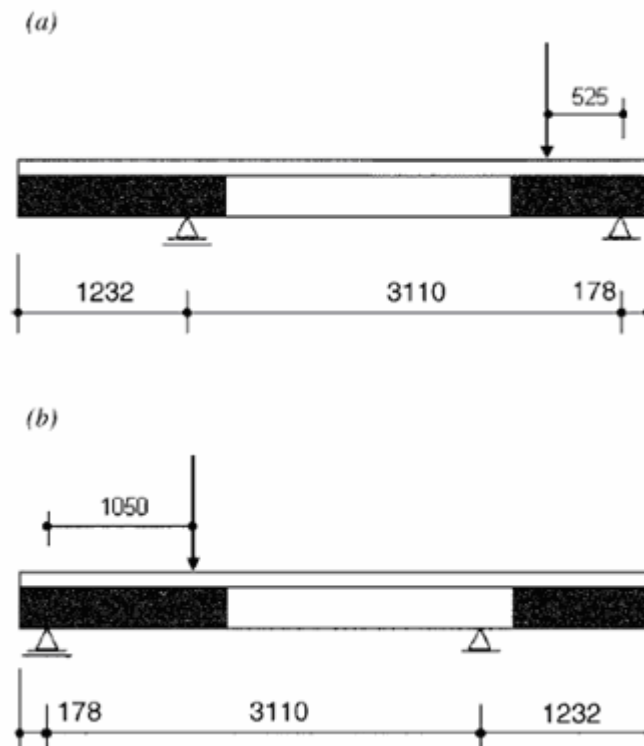


Figura 3.32 – Representação das duas etapas de ensaio na mesma viga (CHAALLAL *et al.*, 2006).



(a)

(b)

Figura 3.33 – Instrumentação: (a) extensômetros na armadura transversal, longitudinal e inserido no concreto. (b) extensômetros no PRFC (CHAALLAL *et al.*, 2006).

Neste programa experimental foi estudado a influência dos seguintes parâmetros:

1. A quantia de PRFC (número de camadas de PRFC);
2. A quantidade de armadura longitudinal, incluindo diferentes espaçamentos;
3. O vão de cisalhamento.

As seguintes conclusões foram alcançadas:

1. O ganho da capacidade resistente ao cisalhamento devido ao PRFC foi maior nas vigas com maior seção transversal, que nas esbeltas. Este ganho diminuiu com a adição da armadura transversal, por outro lado o ganho da capacidade resistente não é proporcional a espessura do PRFC.
2. O reforço de PRFC não modificou o padrão de fissuração nem o ângulo das fissuras, entretanto, para vigas mais esbeltas, a presença da armadura transversal afetou o padrão de fissuração e o ângulo das fissuras.
3. Para uma certa carga aplicada, a deformação na armadura transversal foi substancialmente maior nos protótipos sem reforço, entretanto, a armadura transversal escoou na maioria dos casos como prevêem os códigos normativos.
4. Comparando-se as resistências previstas pela ACI 440.20-02, pela CSA S806-02 e pela fib TG9.3 com os resultados obtidos, ficou claramente demonstrado na maioria dos aspectos que a armadura transversal, a rigidez do PRF e a relação a/d não foram computados.

3.1.18. Guadagnini *et al.* (2001 e 2006).

Guadagnini *et al.*, (2001) para o programa de pesquisas da *University of Sheffield*, investigaram 6 vigas retangulares (Figura 3.34) com diferentes vãos de cisalhamento. Três vigas foram reforçadas com barras de PRFC e as demais com barras de aço. Apesar da grande diferença de rigidez entre os dois tipos de barras, o comportamento de todas as vigas pareceu ser previsível. As distribuições das fissuras se assemelharam, o que insinua que as características de aderência das barras, apesar das diferenças, provocam um impacto semelhante no concreto armado nos níveis de deformação que foram impostos.

As vigas de concreto armado com aço começaram a fissurar devido aos efeitos do cisalhamento mais rapidamente, uma vez que as falhas se iniciaram perto dos pontos de carga.

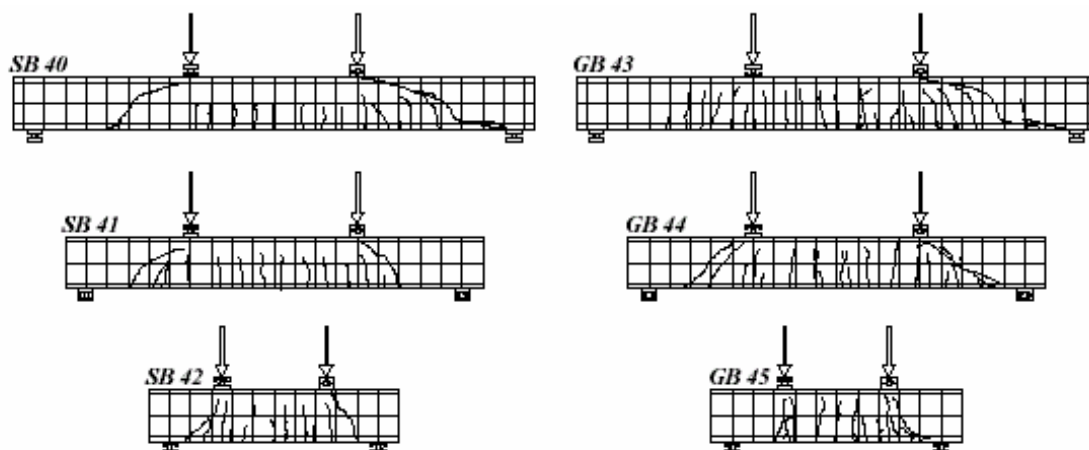


Figura 3.34 – Panorama de fissuração das vigas (GUADAGNINI *et al.*, 2001).

As conclusões seguintes podem ser tiradas do estudo informado:

1. A deformação no reforço à flexão pode ser muito maior que o recomendado por muitos investigadores;
2. o valor novo de $4500 \mu\epsilon$ proposto pelos autores parece ser aceitável.

Guadagnini *et al.* (2006) realizaram doze testes em duas fases sucessivas em seis vigas de concreto armado com o objetivo de estudar como a utilização de reforço de PRF com suas propriedades mecânicas distintas podem afetar no modo que os vários mecanismos atuantes agem conjuntamente de uma forma significativa. Metade das vigas foram reforçadas à flexão com quatro barras de aço de 12 mm, enquanto o reforço à flexão das outras três vigas incluiu que três barras de PRFV com um diâmetro nominal de 13.5 mm, sendo que o módulo de Young (E) e a força última (f_u) das barras de PRFV eram de 45 GPa e 750 MPa, respectivamente. As vigas foram sujeitas a ensaios em quatro pontos com o vão de cisalhamento variando entre 1.1 e 3.3 (Figura 3.35). Nenhum reforço ao cisalhamento foi provido na primeira fase de testes, enquanto que na segunda fase, foram utilizadas fibras de vidro ($E=65\text{GPa}$; $f_u=1700\text{MPa}$) e carbono ($E=234\text{GPa}$; $f_u=4500\text{MPa}$). O reforço ao cisalhamento era externamente aplicado.

Valores de deformação registraram em ambos os reforços de GFRP à flexão e ao cisalhamento externamente aplicado que foi excedido o limite de $2000/2500 \mu\epsilon$ recomendado pelas principais prescrições normativas atuais para dimensionamento ao cisalhamento com reforço de PRF, confirmando a natureza conservadora das recomendações existentes.

Valores de deformações máximas, variando entre 10000 a 20000 $\mu\epsilon$ para PRFV e entre 9000 a 10000 $\mu\epsilon$ para PRFC, foram registrados no reforço de cisalhamento.

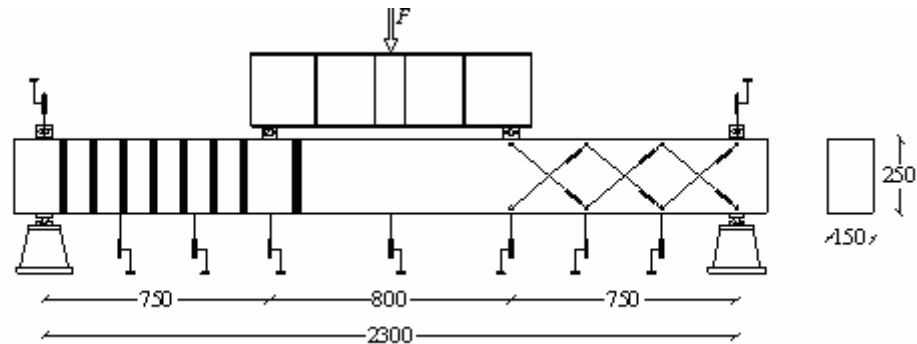


Figura 3.35 - Arranjo dos ensaios experimentais (GUADAGNINI *at.al.*, 2006).

Os autores concluíram que:

1. a deformação do reforço de PRF na flexão e no cisalhamento pode alcançar valores muito maiores que os prescritos pelas recomendações atuais;
2. os mecanismos de resistência ao cisalhamento são semelhantes em vigas de concreto armado reforçadas com PRFV e aço, assim como os modos de colapsos são caracterizados através de comportamentos semelhantes. Conseqüentemente, somar as contribuições do concreto e do reforço ao cisalhamento permanecem válidos;
3. para resistência ao cisalhamento do concreto, o princípio do controle de deformações pode ser aceito, mas reafirmam que um novo limite de 4500 $\mu\epsilon$ deve ser proposto para determinar a quantia de reforço à flexão que deverá ser utilizado no dimensionamento ao cisalhamento do concreto.

3.1.19. Monti e Liotta (2006).

Monti e Liotta em 2006, analisaram 24 vigas sub-dimensionadas ao cisalhamento, sendo que foram analisadas experimentalmente através de ensaios de 3 pontos (Figura 3.36 e 3.37). A seção das vigas eram de 250 mm de largura e 450 mm de altura e tinham vão de 2,8 m. A armadura longitudinal era composta de 4 Φ de 20 mm na parte inferior e 2 Φ de 20 mm na parte superior. Armadura transversal era composta por Φ 8 mm a cada 400 mm. As vigas

foram reforçadas com tecidos contínuos e em tiras de PRFC com uma camada. A espessura da camada era de 0,22 mm e módulo de elasticidade $E_f = 390\text{GPa}$.

| APLICAÇÃO DOS REFORÇOS | TIPOS DE REFORÇOS | ÂNGULO DAS FIBRAS | NOME | CONFIGURAÇÃO DOS REFORÇOS | V_c (KN) |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------|---------------------------|------------|
| | NOME | - | REF | | 95.0 |
| LATERAL | TIRAS com 150 mm espaçadas 300 mm | 90° | SS90* | | 100.0 |
| | | 45° | SS45 | | 101.0 |
| | | 60°, 45°, 30° | SSVA | | 105.0 |
| | TECIDOS | 90° | SF90 | | 112.5 |
| EM U | TIRAS com 150 mm espaçadas 300mm | 90° | US90* | | 95.0 |
| | | 60° | US60 | | 111.0 |
| | | 60°, 45°, 30° | USVA | | 120.0 |
| | | 60°, 45°, 30° | USVA+ | | 135.0 |
| | | 45° | US45+ | | 126.0 |
| | | 90° | US90(2)* | | 90.0 |
| | TECIDOS | 90° | UF90 | | 125.0 |
| | TIRAS com 50 mm espaç. 100 mm | | US45++ | | 133.5 |
| | TECIDOS | | UF45+ A | | 158.5 |
| | | | UF45++B | | 167.0 |
| | | | UF45++C | | 172.0 |
| | TIRAS com 150 mm espaçadas 225 mm | | US45++F | | 182.85 |
| | | | US45++E | | 150.15 |
| | | US45+ D | | 163.45 | |
| ENVOLVIMENTO TOTAL | TIRAS com 50 mm espaç. 100 mm | | WS45++ | | 114.5 |

Figura 3.36 – Características dos reforços das vigas ensaiadas (MONTI E LIOTTA, 2006).

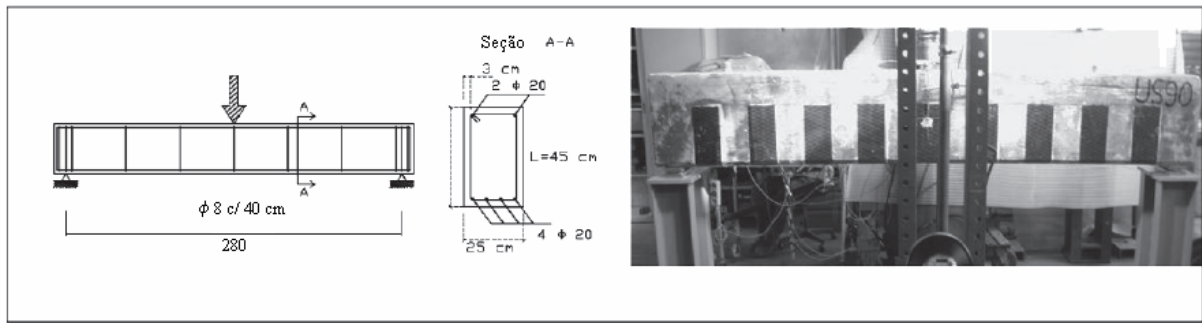


Figura 3.37 – Detalhamento da viga referência e ilustração do ensaio experimental de Monti and Liotta (2006)

Tinham como finalidade propor equações de dimensionamento, pois os autores concluíram que o código normativo ACI 440.2R-02 superestima os valores, conforme Figura 3.38.

COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTAIS E TEÓRICOS ($V_c \max$)

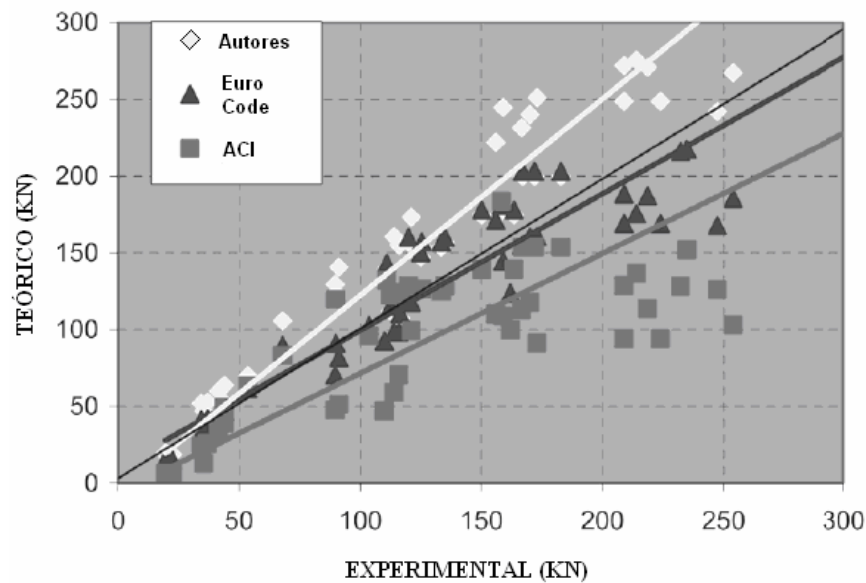


Figura 3.38 – Comparação de resultados experimentais com os do ACI 440.2R-02 (MONTI E LIOTTA, 2006).

Segundo os autores, para descrever analiticamente o comportamento de elementos reforçados ao cisalhamento as seguintes hipóteses devem ser feitas:

- As fissuras de cisalhamento devem ser espaçadas uniformemente ao longo do eixo de viga, e inclinadas com ângulo θ .
- No E.L.U. a profundidade das fissuras é igual ao braço de alavanca interno $z = 0.9d$;

- No caso de colagem em (U) *U-jacketing* e envolvimento total, o mecanismo resistente ao cisalhamento é baseado na treliça de Morsch, enquanto no caso de colagem nas laterais a treliça de Morsch não pode se formar porque falta uma diagonal de tensões desenvolvendo-se assim um mecanismo diferente de fechamento das trincas ("*crack-bridging*").

Para caracterizar completamente o fenômeno físico, os seguintes aspectos devem estar analiticamente definidos:

- a) o critério de colapso de uma lamina ou tecido de PRF colado no concreto,
- b) a lei constitutiva que relaciona tensão de cisalhamento com o deslizamento na interface laminado-concreto (*stress-slip*),
- c) as equações de compatibilidade (i.e., a abertura de fissuras),
- d) as condições de contorno (i.e., os comprimentos de colagem disponíveis em ambos os lados da fissura dependem das diferentes configurações).

Os autores concluem que as equações por eles propostas se aproximam melhor dos resultados experimentais em relação ao incremento de carga.

3.1.20. Pellegrino e Modena (2002 e 2006).

Pellegrino e Modena (2002) estudaram 11 vigas retangulares coladas com uma, duas e três camadas de tecidos. Os reforços foram efetuados em vigas sem estribos e vigas com pequenas quantidades de estribos. A Figura 3.39 ilustra a configuração destes reforços após a ruptura das vigas.



Figura 3.39 – Modos de ruptura das vigas ensaiadas (PELLEGRINO E MODENA, 2002).

Os autores concluíram que:

1. o reforço por colagem externa de tecidos contínuos de PRFC proporcionou um aumento significativo da capacidade de carga,
2. as deformações foram reduzidas no reforço mesmo no que diz respeito aos valores últimos,
3. em consequência as deformações foram reduzidas também na armadura transversal que em alguns casos atingiu o escoamento,
4. existe uma interação entre o reforço externo e a armadura transversal, (atualmente não considerada em nenhuma recomendação de dimensionamento), que influencia na eficiência da técnica de reforço.

Pellegrino e Modena em 2006, analisaram 12 vigas retangulares em escala real dimensionadas para romper a flexão conforme Figura 3.40.

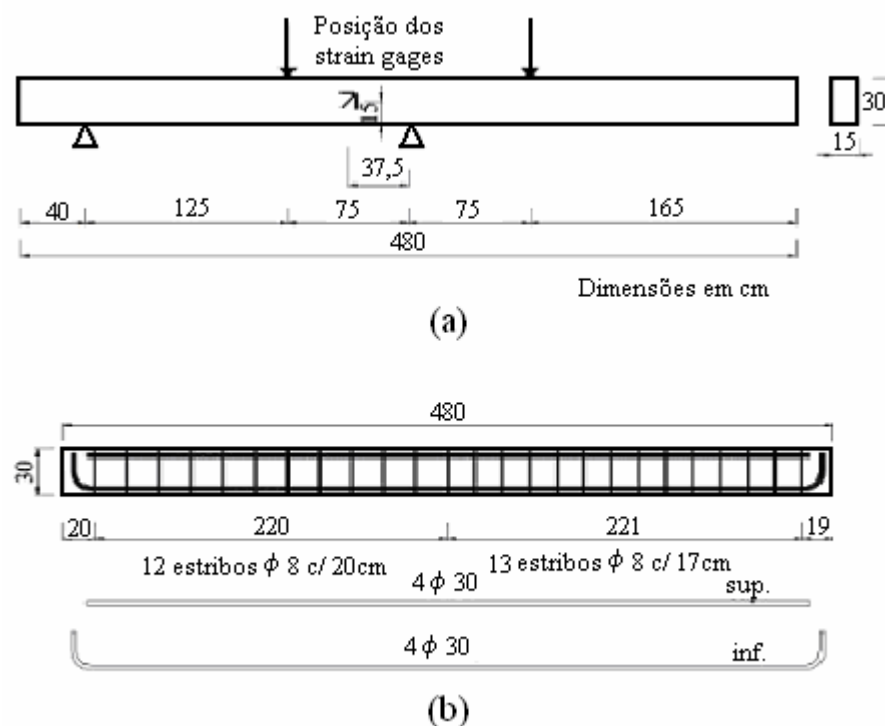


Figura 3.40 – Dimensionamento das vigas ensaiadas (PELLEGRINO E MODENA, 2006).

Os autores e Chaallal (2004), afirmaram que os valores experimentais do PRF relativos à contribuição ao cisalhamento V_f obtidos são sempre menores que as propostas

analíticas da fib Task Group 9.3 (2001) e o Comitê do ACI 440 (2002). Por outro lado a contribuição ao cisalhamento do aço V_{sw} é sempre maior que o calculado de acordo com as recomendações do Eurocode, ACI 318M e CNR-DT 200/2004. Entretanto a resistência ao cisalhamento nominal total V_n obtida da soma de todas as contribuições (concreto, aço e reforço), constantes nos códigos e recomendações normativas atuais se aproximam relativamente bem dos valores experimentais, o que não acontece quando são estimados separadamente.

As Figuras 3.41 e 3.42 ilustram algumas vigas após os ensaios.



Figura 3.41 – Descolamento do reforço com destacamento do cobrimento em uma porção triangular sobre a fissura diagonal principal no vão de cisalhamento (PELLEGRINO E MODENA, 2006).



Figura 3.42 – Tipos de ruptura em vigas com armadura ao cisalhamento (PELLEGRINO E MODENA, 2006).

Os autores concluíram que:

1. As recomendações atuais para o cálculo da capacidade portante ao cisalhamento em vigas reforçadas com PRF aplicados externamente, propõe a soma de três contribuições independentes (concreto, aço e PRF), sem levar em conta que a presença do reforço pode influenciar na contribuição fornecida pelo concreto e pela armadura transversal.

2. Existe uma interação entre o reforço externo e a armadura transversal, observada experimentalmente que pode influenciar na eficiência da técnica de reforço.
3. Foi necessário um amplo banco de dados experimentais para uma análise crítica das principais formulações contidas nos códigos normativos (fib, ACI, CNR).
4. Foi apresentada uma nova proposta simples que leva em conta a interação entre o reforço externo e a armadura transversal tendo como base a deformação efetiva do reforço.
5. O novo modelo proposto baseado no modo de ruptura observado experimentalmente em vigas com reforços tipo “U” e nas laterais, em muito se aproximou dos valores experimentais.

3.2. TRABALHOS NACIONAIS.

3.2.1. Pinto (2000).

Pinto analisou 5 vigas reforçadas ao cisalhamento e a flexão com lâminas a 90° e a 45°. Programa experimental da COPPE. O autor concluiu que este sistema de reforço é capaz de aumentar consideravelmente a capacidade resistente das vigas e que não há necessidade de sistemas especiais de ancoragem para reforço ao cisalhamento.

3.2.2. Salles Neto (2000).

Salles Neto em um programa experimental da UNB executou ensaios verificando reforços ao cisalhamento com PRFC. Foram ensaiadas oito vigas, sendo duas de referência e as outras 6 com diversas configurações de reforço. Todas as vigas possuíam seção transversal em forma de “T”, com alma de 15 x 40 cm², mesa de 55 x 10cm² e 440 cm de comprimento, e armaduras, conforme representado na Figura 3.43.

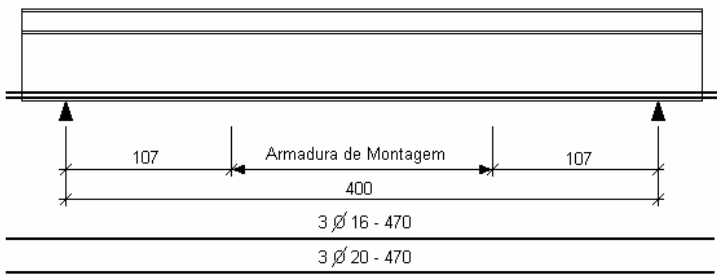
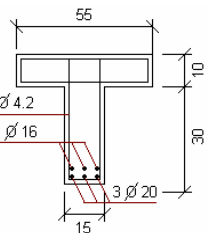
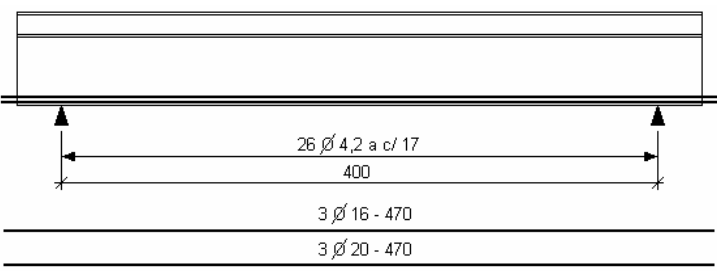
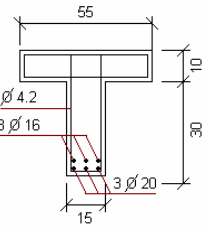
| VIGAS | VISTA LATERAL | SEÇÃO TRANSVERSAL |
|-----------------------|---|--|
| 1 2 3 |  <p style="text-align: center;">Armadura de Montagem</p> <p style="text-align: center;">400</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 16 - 470</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 20 - 470</p> |  <p style="text-align: center;">55</p> <p style="text-align: center;">10</p> <p style="text-align: center;">30</p> <p style="text-align: center;">15</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 4.2</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 16</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 20</p> |
| 4 5 6 7 8 |  <p style="text-align: center;">26 \varnothing 4,2 a c/ 17</p> <p style="text-align: center;">400</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 16 - 470</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 20 - 470</p> |  <p style="text-align: center;">55</p> <p style="text-align: center;">10</p> <p style="text-align: center;">30</p> <p style="text-align: center;">15</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 4.2</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 16</p> <p style="text-align: center;">3 \varnothing 20</p> |

Figura 3.43 – Armadura das vigas experimentais (SALLES NETO, 2000).

A figura 3.44 mostra o esquema das configurações de reforço propostas por Salles Neto (2000).

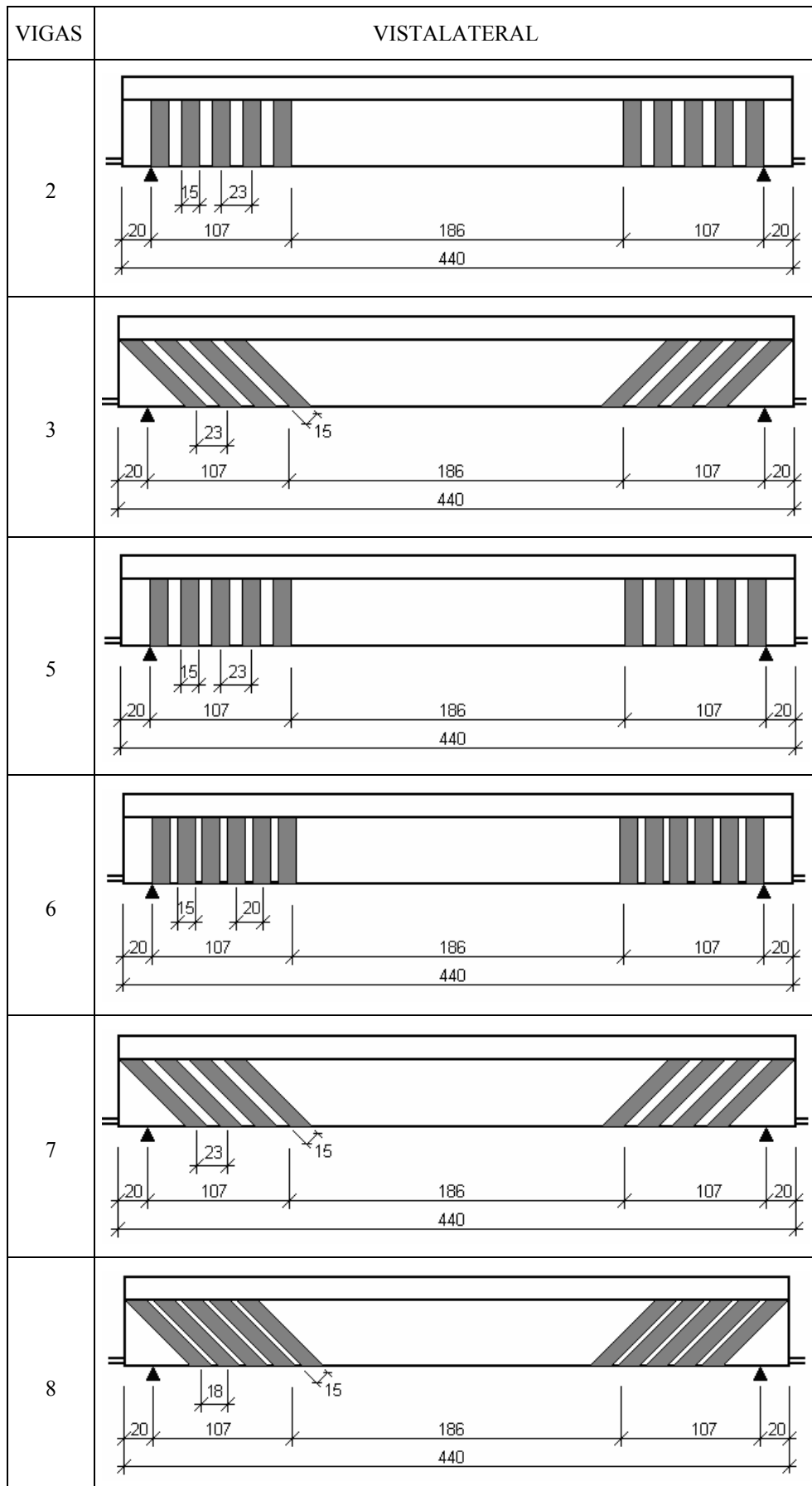


Figura 3.44 – Representação do sistema das vigas reforçadas (SALLES NETO, 2000)

Os autores concluíram que os ensaios realizados mostraram que apesar de todas as vigas reforçadas terem apresentado um aumento de resistência em relação às respectivas cargas de referência, a eficácia deste tipo de reforço ficou limitada devido a problemas de ancoragem da fibra no concreto. Todas as vigas apresentaram na ruptura, comportamento frágil, típica de ruptura por cisalhamento, imediatamente após o desprendimento do compósito, com cargas últimas alcançando em média 73,4% e 78% das cargas estimadas para as vigas reforçadas com PRFC inclinadas a 45° e a 90°, respectivamente.

3.2.3. Neres (2001).

Neres em um programa experimental da UNB, estudou 8 vigas T reforçadas com tecidos utilizando dispositivos de ancoragem. Para isso, foram feitos sulcos entre a alma e a aba das vigas e introduziram uma barra de aço envolta no tecido e colaram com resina. Neste estudo conclui-se que:

1. A ancoragem garantiu um aumento de cerca de 60% na capacidade de carga.
2. Os resultados deste e de outros trabalhos (Galvez (2000), Khalifa *et al.* (1998), Salles Neto (2000)) comprovaram que reforços de vigas “T” de concreto armado ao cisalhamento com compósitos de fibra de carbono (PRFC) podem ser eficientes, desde que tomados os cuidados devidos, especialmente com a relação à ancoragem do material. Ancoragem indevida do material de reforço pode levar a uma ruptura prematura da peça logo após a formação das fissuras de cisalhamento. A execução do reforço com envolvimento da fibra de carbono é bem mais eficiente que o com ancoragem na alma com ou sem utilização de armadura, apesar de bem mais trabalhoso.

3.2.4. Araújo (2002).

Araújo (2002) executou ensaios verificando reforços ao cisalhamento com PRFC. Foram ensaiadas oito vigas, sendo duas de referência e as outras 6 com diversas configurações de reforço.

Todas as vigas possuem seção transversal em forma de “T”, com alma de 15 x 40 cm², mesa de 55 x 10cm² e 440 cm de comprimento e armaduras, conforme representado na Figura 3.45.

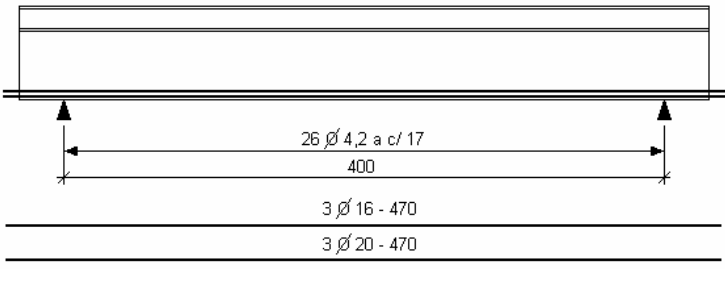
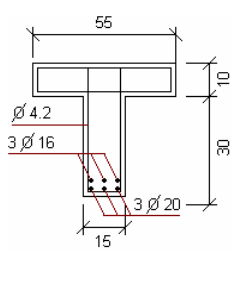
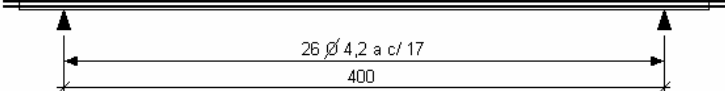
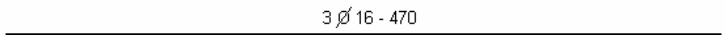
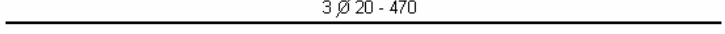
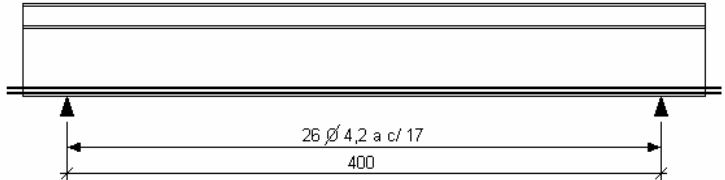
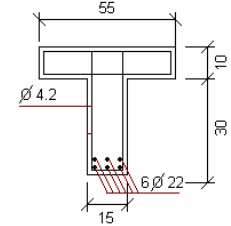
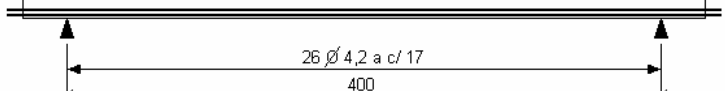
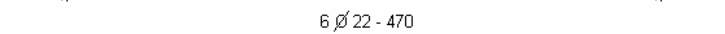

| VIGAS | VISTA LATERAL | SEÇÃO TRANSVERSAL |
|-------|--|--|
| 1REF |  |  |
| 2 |  | |
| 3 |  | |
| 4 |  | |
| 5REF |  |  |
| 6 |  | |
| 7 |  | |
| 8 |  | |

Figura 3.45 – Armadura das vigas experimentais (ARAÚJO, A.S., 2002)

A Figura 3.46 mostra o esquema das configurações de reforço propostas por Araújo, A. S. (2002).

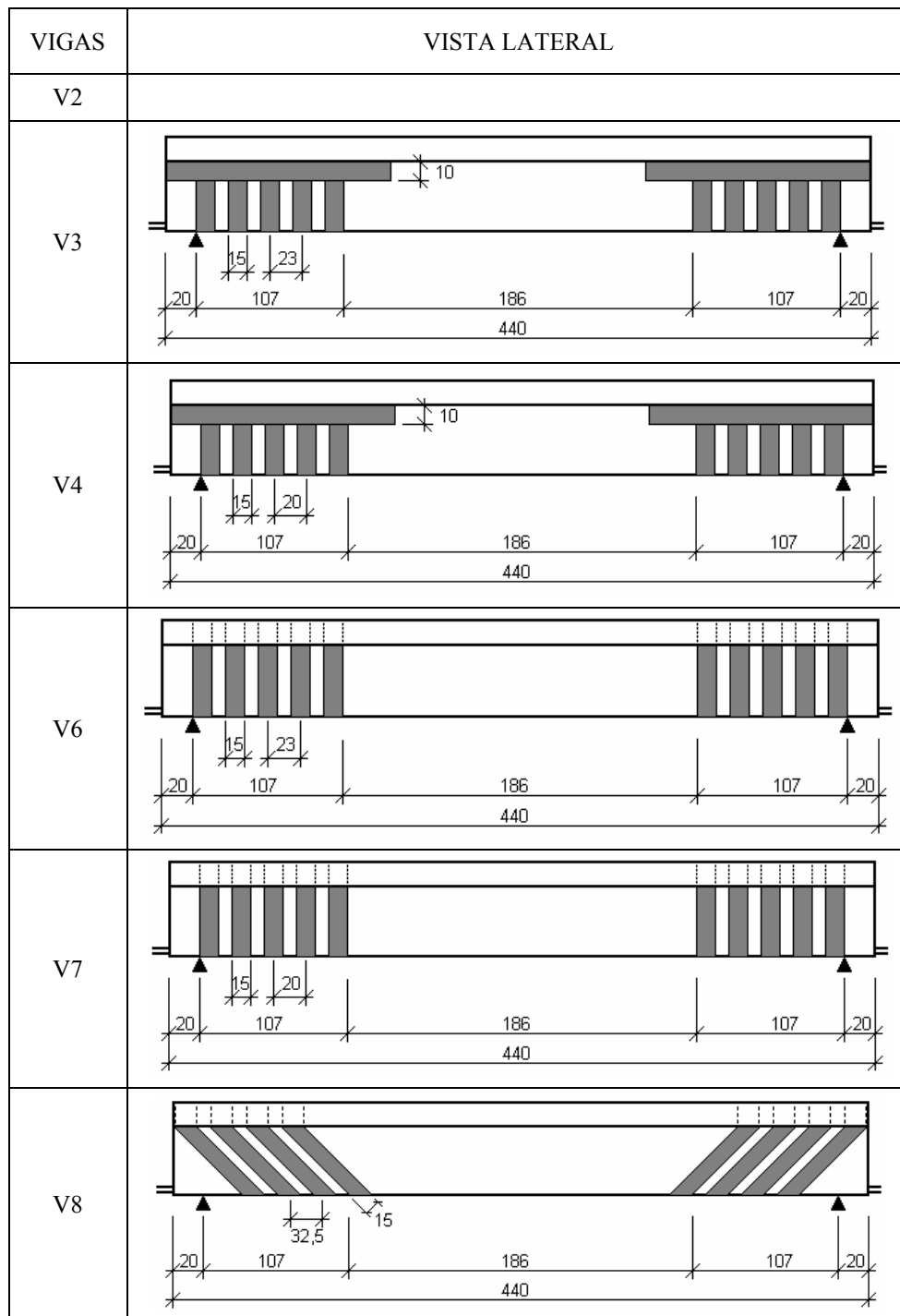


Figura 3.46 – Representação esquemática das vigas reforçadas (ARAÚJO, A.S., 2002).

Concluiu que a capacidade resistente das vigas foi aumentada em até 64% pela adição dos reforços de flexão e de cisalhamento sendo que o fator mais desfavorável foi o destacamento ou descolamento do reforço.

3.2.5. Beber (2003).

Beber em um programa experimental da UFRGS, investigou 44 vigas sendo divididas em dois grupos, 14 reforçadas a flexão e 30 ao cisalhamento com várias configurações de colagem com tecidos. As vigas reforçadas ao cisalhamento receberam a designação de Grupo C, sendo duas de referência, e as outras 28 com diversas configurações de reforço.

Todas as vigas do grupo C possuíam seção transversal retangular de $15 \times 30 \text{ cm}^2$, 300 cm de comprimento e armaduras, conforme representado na Figura 3.47. E ainda dois vãos de cisalhamento diferentes.

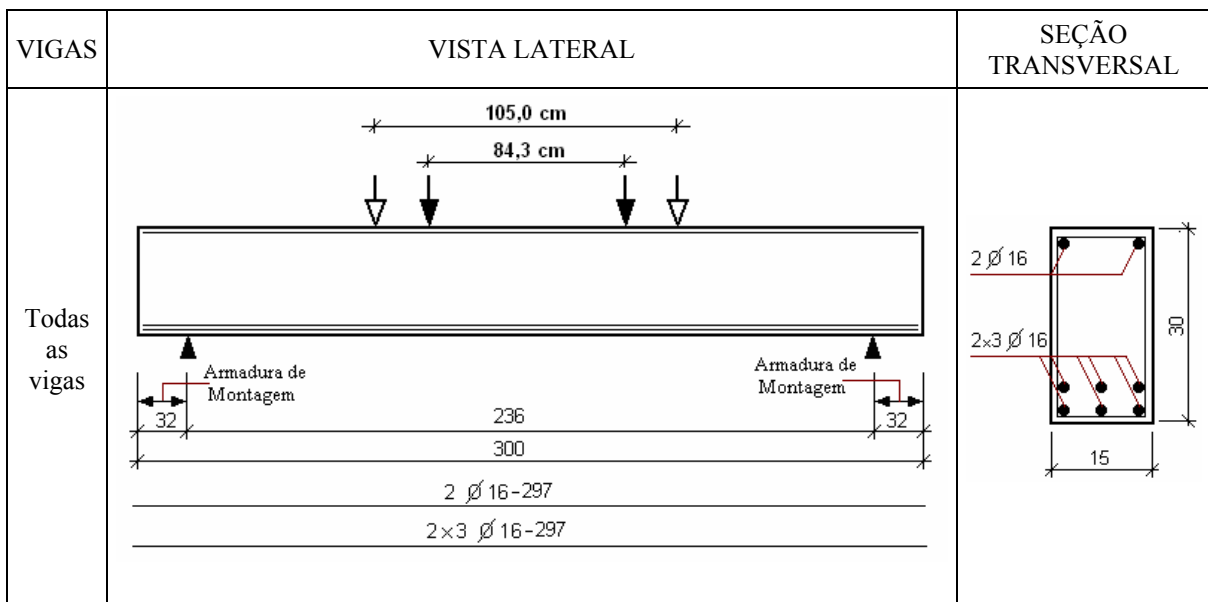


Figura 3.47 – Armadura das vigas do Grupo C reforçadas ao cisalhamento (BEBER, 2003)

A Figura 3.48 mostra o esquema das configurações de reforço propostas por Beber (2003).

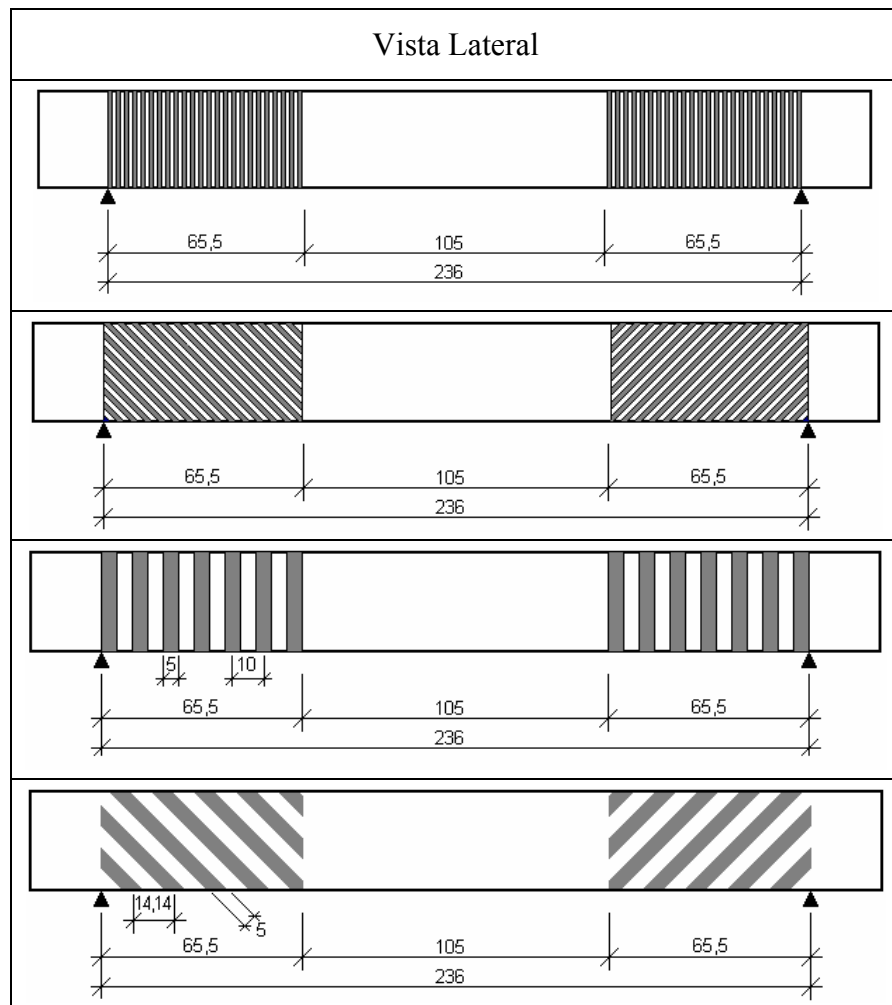


Figura 3.48 – Representação esquemática das vigas reforçadas (BEBER, 2003).

O autor concluiu que os incrementos de resistência foram expressivos, com ganhos de até 255,6%. Além disso, as diferentes distribuições, orientações e soluções de ancoragem permitem explorar várias configurações e sua eficiência na elevação da resistência das vigas reforçadas. De modo geral, o comportamento das vigas reforçadas foi controlado, basicamente, por dois modos de ruptura. O descolamento do reforço caracterizou-se como o modo de ruptura mais freqüente e está associado ao mecanismo de transferência de esforços entre concreto e reforço. No entanto, para as vigas que contavam com ancoragem suficiente, este modo de ruptura é evitado e a ruptura do reforço à tração passa a ser dominante. Existem, ainda, situações intermediárias, em que há uma combinação destes dois modos de ruptura. O resultado mais expressivo na elevação da resistência foi alcançado pelas vigas que receberam o reforço contínuo orientado a 90° com a solução de ancoragem de envolvimento completo. Esta solução de ancoragem promoveu uma modificação fundamental no comportamento destas vigas. Em oposição a um modo de ruptura associado ao cisalhamento, estas vigas apresentaram uma ruptura clássica de flexão, através do esmagamento do concreto e

conseqüente flambagem da armadura de compressão. No caso particular das vigas reforçadas com tiras orientadas a 45°, a solução de ancoragem tipo “ L ” representou uma alternativa eficiente na elevação da resistência. No entanto, embora o desempenho das vigas reforçadas com tecidos orientados a 45° o tenham sido compatíveis com as demais soluções, a execução destes reforços demonstrou ser bastante complexa, podendo inclusive, inviabilizar a adoção desta alternativa. O emprego de reforços contínuos implica na utilização de maiores quantidades de reforço, porém, não necessariamente proporciona incrementos de resistência na mesma magnitude. Esta constatação, portanto, confirma a idéia da existência de um ponto de equilíbrio entre quantidade de reforço e desempenho, em função de características particulares de cada viga. Finalmente, a utilização dos laminados pré-fabricados permite, também, incrementos significativos na resistência das vigas reforçadas. Contudo, em função de suas características, a única solução de ancoragem possível, neste caso, é a colagem do reforço somente na lateral. Esta restrição limita o desempenho das vigas reforçadas com os laminados, uma vez que o modo de ruptura é controlado pelo descolamento do reforço. Em algumas situações, portanto, a variedade de soluções de ancoragem decorrentes da utilização dos tecidos flexíveis pode representar uma vantagem deste sistema de reforço.

3.2.6. Galvez (2003).

Galvez participou do programa experimental da UNICAMP, onde executou ensaios verificando reforços ao cisalhamento com tecidos unidirecionais de PRFC. Foram ensaiadas sete vigas, sendo duas de referência e as outras cinco com diversas configurações de reforço.

Todas as vigas possuíam seção transversal retangular 15 x 20cm², 180 cm de comprimento e armaduras, conforme representado na Figura 3.49.

| VIGAS | VISTA LATERAL | SEÇÃO TRANSVERSAL |
|--------------------------|--|--|
| TG1 1G1 2G1 | <p>12 \varnothing 5 a c/ 15,75</p> <p>15 150 15</p> <p>180</p> <p>2 \varnothing 6,3</p> <p>3 \varnothing 12,5</p> | <p>2 \varnothing 6,3</p> <p>3 \varnothing 12,5</p> <p>20</p> <p>15</p> |
| TG2 1G2 2G2 3G2 | <p>14 \varnothing 4,2 a c/ 12,5</p> <p>15 150 15</p> <p>180</p> <p>2 \varnothing 6,3</p> <p>3 \varnothing 16</p> | <p>2 \varnothing 6,3</p> <p>5 \varnothing 16</p> <p>20</p> <p>15</p> |

Figura 3.49 - Armadura das vigas experimentais (GALVEZ, 2003)

A figura 3.50 mostra o esquema das configurações de reforço propostas por Galvez (2003).

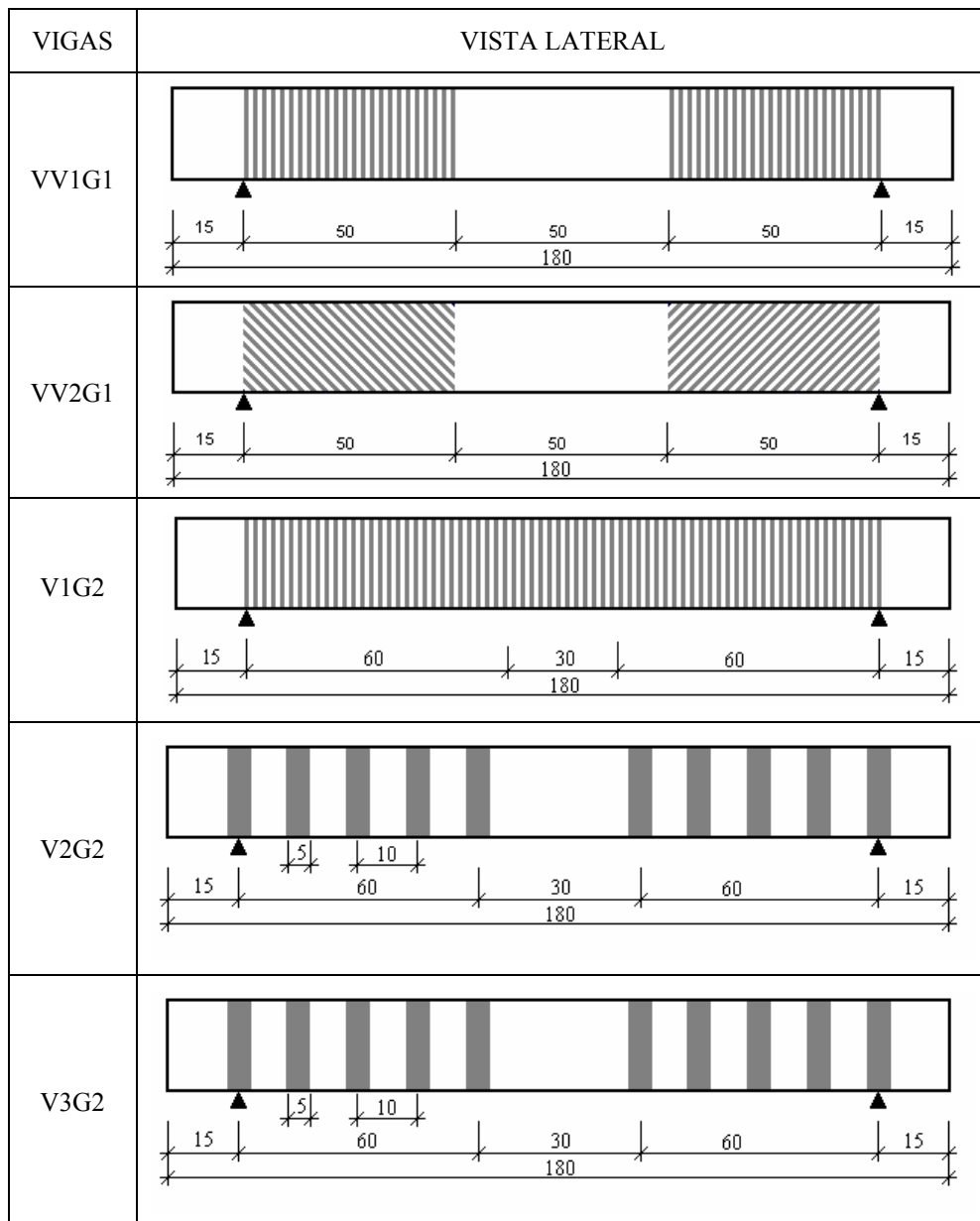


Figura 3.50 – Representação esquemática das vigas reforçadas (GALVEZ, 2003).

O autor concluiu que:

1. Houve um incremento de carga em até de 60% para as vigas reforçadas;
2. A ruptura por flexão das vigas reforçadas, impediu uma análise d comportamento das fibras de carbono até a ruptura por cisalhamento, seja por descolamento ou por ruptura da fibra.

Como conclusão da análise dos trabalhos experimentais apresentados neste capítulo sobre reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado com compósitos de PRFC, baseando-se nos resultados neles obtidos, destaca-se os fatores que mais afetaram a contribuição dos compósitos de PRFC na resistência ao cisalhamento em vigas de concreto armado:

- vão de cisalhamento (relação a/d);
- preparação da superfície do concreto e rugosidade que a mesma apresenta;
- classe de resistência do concreto;
- presença e quantidade de estribos de aço;
- tipo de PRFC e sua rigidez axial;
- quantidade e distribuição do reforço de PRFC (forma contínua ou forma discreta);
- orientação das fibras do PRFC;
- configuração geométrica do sistema de reforço (envolvendo totalmente a seção, em forma de U ou colagem nas faces laterais da viga);
- aplicação de sistemas de ancoragem no PRFC (ancoragem no na parte superior do elemento, com ou sem sobreposição, ancoragem na parte inferior da viga e dispositivos adicionais como cantoneiras ou chapas metálicas).

CAPÍTULO 4

____TEORIA PARA REFORÇO AO CISALHAMENTO COM PRFC____

4.1.INTRODUÇÃO

Entender o comportamento do cisalhamento no concreto armado tem sempre sido um desafio aos pesquisadores. Ao longo das últimas décadas o objeto de estudo de várias pesquisas tem sido o problema da estimativa da capacidade resistente ao cisalhamento de peças de concreto armado. Apesar do intenso interesse, o colapso por cisalhamento ainda não foi completamente desvendado, em razão do complexo comportamento global das estruturas de concreto e da dificuldade de se estimar com precisão a parcela de contribuição de cada um dos diferentes mecanismos resistentes à força cortante. (BORGES *et al* 2002).

O estado-da-arte evoluiu muito devido a inúmeras pesquisas que foram realizadas em vigas de concreto armado. (COLLINS *et al.* 1996).

Descrições mais detalhadas sobre a resistência ao cisalhamento em uma viga de concreto armado encontram-se mais esclarecidas afirmaram Kotsovos e Pavlovic em 1999 (apud STRATFORD, 2003). Antes de romper por esforço cortante, o estado tensional da alma de uma viga de concreto fissurada (isto é, o setor entre a zona tracionada e a comprimida por flexão) difere consideravelmente do determinado pela teoria da elasticidade. Surge então a pergunta de como uma viga fissurada pode ser apta para transmitir o cortante combinado com esforços axiais e de flexão. Para responder a esta pergunta é necessário identificar primeiro os diferentes mecanismos básicos que se mobilizam num elemento fissurado. Estes são:

- 1- Tensões tangenciais na zona de concreto não fissurado (cabeça comprimida da viga)
- 2- Engrenamento dos agregados (*Aggregate Interlock* ou *Crack Friction*)
- 3- Efeito pino da armadura longitudinal (*Dowel Action*)
- 4- Efeito arco (*Arch Action*)

5- Tensões residuais de tração nas fissuras (*Residual Tensile Stress across Cracks*)

Quantificar a contribuição de cada um dos mecanismos básicos na resistência ao cisalhamento de um elemento fissurado de concreto armado é muito difícil, pois trata-se de um sistema altamente hiperestático, influenciado por vários parâmetros. A importância de cada mecanismo para resistir ao esforço cortante é atribuída de diferentes maneiras pelos investigadores, já que cada um propõe um modelo físico diferente. Dentre os modelos existentes podem-se destacar os seguintes:

- 1- Mecânica da fratura
- 2- Modelo simples de bielas e tirantes
- 3- Modelo de dentes para vigas esbeltas
- 4- Modelo de treliças com tirantes de concreto
- 5- Teoria do Campo de Compressão Modificado

Por outra parte é importante analisar os fatores que influem na capacidade resistente ao cortante dos elementos de concreto armado sem armadura transversal, como pode ser o efeito tamanho (*Size Effect*), a quantidade de armadura longitudinal, a resistência do concreto, a posição e tipo de cargas, e por último, a influência dos esforços axiais sejam estes de tração ou de compressão (LAVASELLI, 2004). Cada modelo de comportamento ao cisalhamento admite um estado de equilíbrio diferente dentro da viga apesar de nenhum ser baseado na real distribuição das tensões. Mesmo assim, todas estas teorias são usadas com segurança para o dimensionamento de estruturas em concreto armado, pois se encontram respaldadas no teorema do limite inferior da teoria da plasticidade, que pode ser assim enunciado: “Se a carga atuante em uma estrutura possui uma magnitude que permita encontrar um campo de tensões, satisfazendo às condições de equilíbrio no interior e no contorno, e, em qualquer ponto do corpo essas tensões estejam satisfazendo um critério de resistência do material, então a carga atuante é menor ou no máximo igual à carga de colapso da estrutura.” Ou seja, qualquer campo de tensões estaticamente admissível fornecerá um limite inferior da verdadeira carga de colapso. Um campo de tensões desse tipo é denominado seguro ou estaticamente admissível. Pelo fato da carga de colapso real da estrutura ser sempre maior ou igual a uma carga atuante referida a um campo de tensões estaticamente admissível, os limites inferiores são sempre valores a favor da segurança, motivo pelo qual este teorema é conhecido como

safe theorem. O teorema do limite inferior da teoria da plasticidade permite que simplificações sejam feitas dentro da análise estrutural quando satisfazem as condições de contorno das tensões, de equilíbrio e das condições de escoamento do material. Por exemplo, se uma estrutura for dimensionada utilizando-se critérios quaisquer, esta necessitará se ajustar ao projeto. Porém se a real distribuição de tensões para carga de serviço não for compatível com o estado de equilíbrio, ocorrerá ruptura, mas se a estrutura for dúctil, pode ocorrer redistribuição das tensões internas. Esta redistribuição de tensões permite à estrutura suportar as cargas especificadas no projeto, através de uma distribuição das tensões internas que satisfaça a compatibilidade. Esta redistribuição de tensões, conseqüentemente a ductilidade, é vital para dimensionamentos que se basearam no teorema do limite inferior da teoria da plasticidade como acontece nos modelos propostos para determinação da resistência ao cisalhamento em vigas de concreto armado (Figura 4.1).

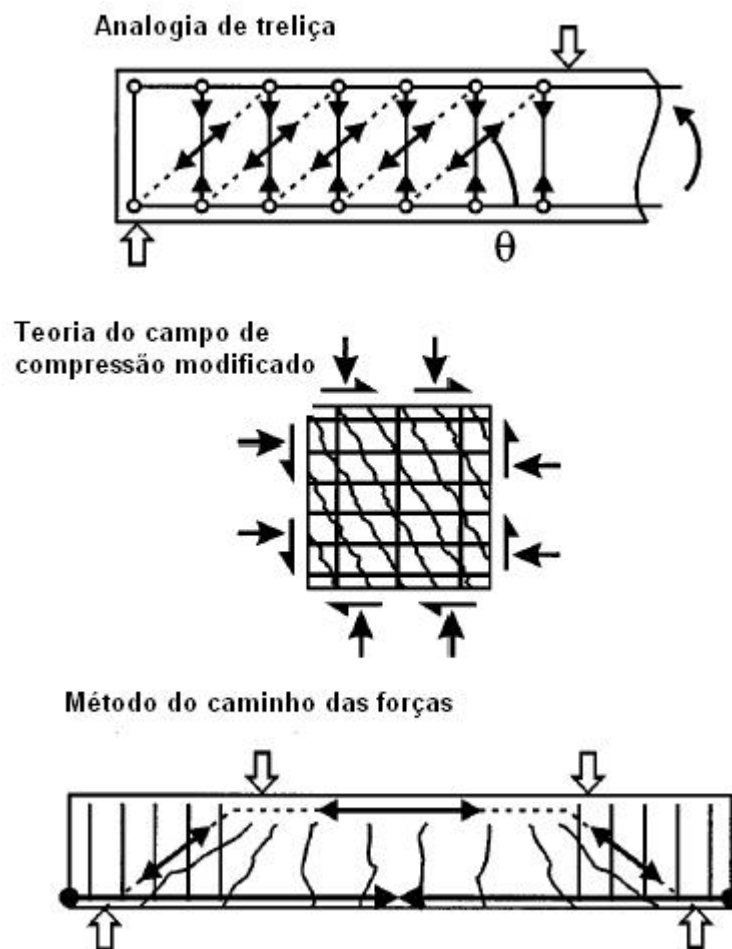


Figura 4.1 – Modelos simplificados de equilíbrio no vão de cisalhamento em vigas de concreto armado (STRATFORD *et al.* 2003)

4.2.RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A resistência ao cisalhamento é tema de estudos desde os primórdios do concreto armado. Ensaios, como o mostrado na Figura 4.2, eram realizados buscando a definição do que seria a resistência do concreto ao cisalhamento sob a ação de tensões de cisalhamento τ_V .

Entretanto, em tal tipo de ensaio não acontece uma ruptura de deslizamento como acontece com os metais.

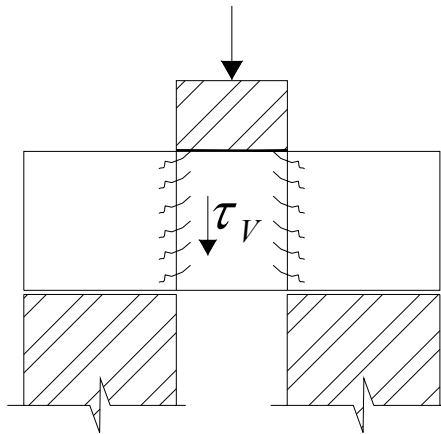


Figura 4.2 - Cisalhamento direto (FUSCO, 1995).

Em virtude de sua baixa resistência à tração, o concreto está sujeito à fissuração diagonal nos planos onde as tensões principais de tração são iguais às tensões de cisalhamento atuantes.

A ruptura macroscópica por deslizamento somente pode ocorrer se as faixas de concreto ao longo dos planos de deslizamento macroscópico forem pulverizadas (Figura 4.3.a). Na realidade o que acontece é a ruptura por compressão diagonal (Figura 4.3 b). A fissuração provocada pelas tensões apenas diminui a resistência à compressão diagonal do concreto fissurado.

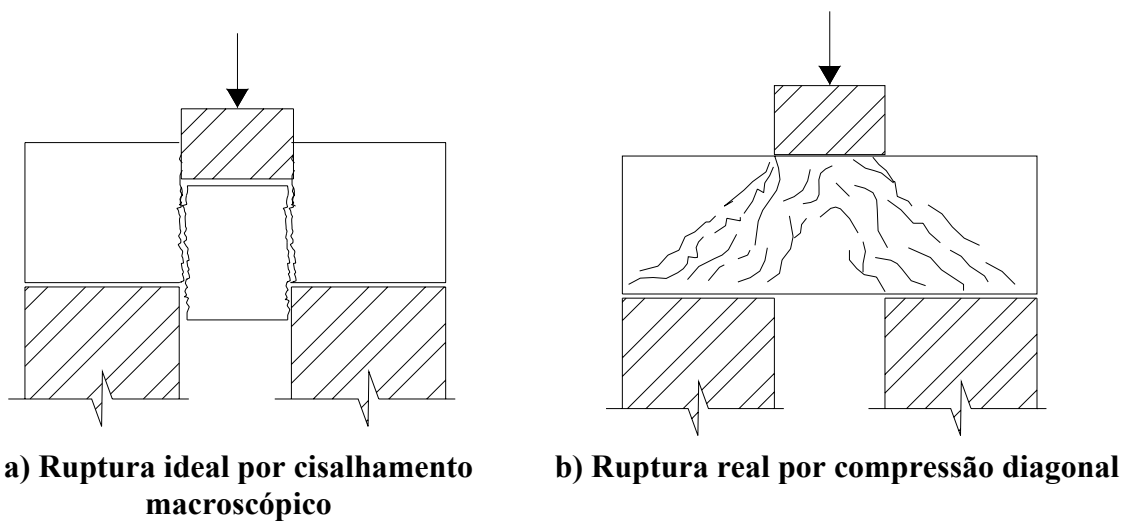


Figura 4.3 – Ruptura teórica por cisalhamento (FUSCO, 1995)

Nos ensaios de cisalhamento realizados com vigas fletidas, a fissuração diagonal observada não indica a direção do campo diagonal de compressão.

O que se pode observar, experimentalmente, é que as tensões de compressão atravessam diagonalmente as fissuras, através do engrenamento dos agregados, Figura 4.4.

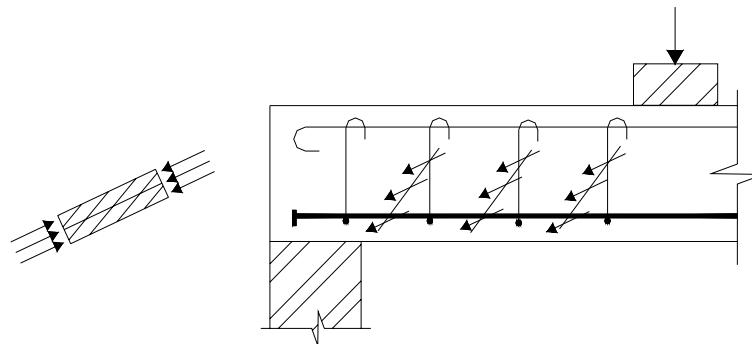


Figura 4.4 - Tensões de compressão atravessando as fissuras (FUSCO, 1995)

Por esse motivo, as bielas diagonais comprimidas têm resistência à compressão diminuída em razão das fissuras diagonais que as atravessam (FUSCO, 1995).

4.2.1. Mecanismos Básicos de resistência ao cisalhamento

Na Figura 4.5 estão detalhadas as forças atuantes em uma fissura diagonal numa viga de concreto armado. Geralmente, considera-se a capacidade resistente nominal V_n como sendo igual à soma das contribuições das diversas componentes resistentes individuais, as

quais incluem: a parcela V_{sw} resistida pela armadura de cisalhamento, a parcela V_d devida ao efeito de pino da armadura longitudinal, a parcela V_{cz} resistida pelo concreto não fissurado acima da fissura diagonal, e a componente vertical V_{ay} devida ao intertravamento dos agregados entre as faces da fissura. Portanto:

$$V_n = V_{sw} + V_{cz} + V_{ay} + V_d \quad (4.1)$$

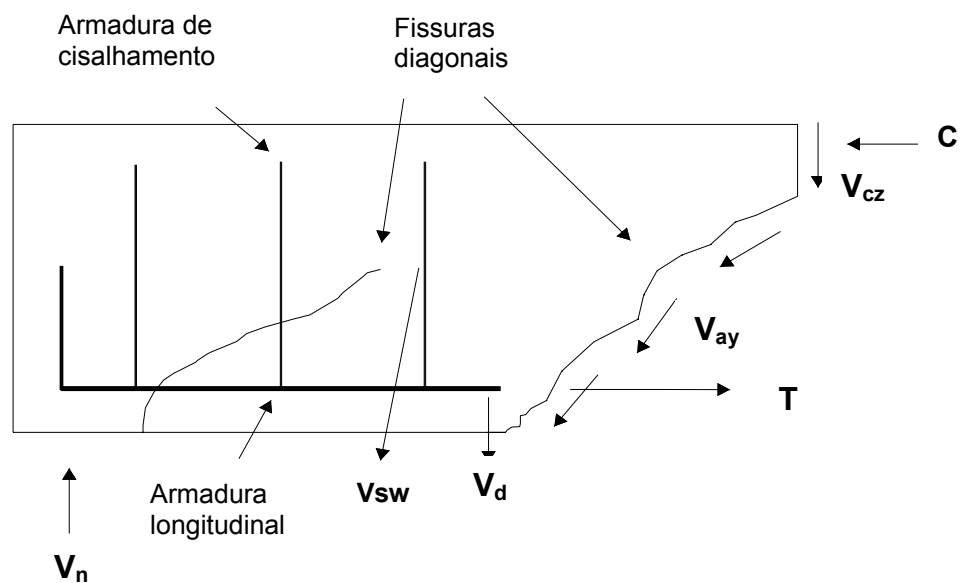


Figura 4.5 – Forças atuantes em uma fissura diagonal numa viga de concreto armado. (BORGES *et al.* 2002)

Em se tratando de projeto, é usual efetuar o agrupamento dos três últimos termos do lado direito da Equação (4.1) em um único termo V_c , atribuído à resistência ao cisalhamento devida ao concreto. Com relação aos mecanismos resistentes citados anteriormente, é possível fazer as seguintes observações:

- i) O mecanismo resistente que atua na zona comprimida após a fissuração diagonal está intimamente ligado à resistência do concreto. O confinamento ocasionado pela armadura de cisalhamento contribui para elevar a resistência do concreto, aumentando, portanto a parcela V_{cz} .
- ii) O mecanismo resistente devido ao intertravamento dos agregados entre as faces da fissura só é ativado após a ocorrência da fissuração diagonal, tornando-se significativo à medida que ocorre deslizamento entre as faces da fissura. Esse mecanismo relaciona-se com a microestrutura do concreto (e conseqüentemente

com a sua resistência mecânica) e com a energia de fraturamento do concreto (responsável pelo grau de ductilidade do material). À medida que a resistência do concreto aumenta, a superfície de fraturamento se torna menos áspera (comportamento mais frágil), diminuindo sua ductilidade e conseqüentemente a parcela V_{ay} em termos relativos. A parcela resistente V_{ay} é aumentada devido à presença de armadura de cisalhamento que limita a abertura da fissura, elevando a dissipação de energia decorrente do intertravamento dos agregados.

- iii) O mecanismo resistente devido ao efeito de pino da armadura longitudinal é dependente da aderência concreto-armadura e da rigidez à flexão das barras da armadura. Esse mecanismo é mais significativo em lajes do que em vigas. A presença de armadura de cisalhamento influencia positivamente no efeito de pino da armadura longitudinal.

A contribuição direta da armadura de cisalhamento V_{sw} é a menos complicada de se determinar. Entretanto, a sua contribuição indireta, que afeta de forma benéfica às outras três parcelas resistentes, é difícil de ser estimada com precisão. Em decorrência disso, essa contribuição indireta é ignorada na maioria das normas de projeto, as quais consideram que a parcela V_c atende igualmente para vigas com ou sem armadura de cisalhamento.

Nas vigas onde não há armadura de cisalhamento, o colapso por tração diagonal ocorre quando a primeira fissura inclinada é formada ou pouco após isso. A carga correspondente à fissuração diagonal é influenciada por vários parâmetros, dos quais se destacam os seguintes: resistência à compressão do concreto f_c , taxa de armadura longitudinal ρ e altura útil d da viga. Como a influência de todos esses parâmetros não é considerada explicitamente pelas normas em geral, as cargas de fissuração diagonal previstas muitas vezes resultam maiores do que as experimentais, mostrando-se como uma situação de insegurança. Porém, sob a forma de um efeito compensatório, atua a presença de armadura de cisalhamento, a qual propicia indiretamente um aumento da parcela resistente devida ao concreto, como já foi dito anteriormente. Todavia, esse efeito não elimina a necessidade de uma adequada margem de segurança na determinação de V_c para vigas sem armadura de cisalhamento. (BORGES *et al*, 2002).

4.2.1.1 Influência do efeito *tension stiffening*

Após o início da fissuração, o concreto tracionado entre fissuras ainda colabora na resistência do elemento, devido à transferência de tensões causada pela aderência entre o aço e o concreto. Este efeito mostrado na Figura 4.6 é conhecido como *tension-stiffening*. Dei Poli, Prisco e Gambarova (1990) afirmaram que os resultados experimentais ficavam prejudicados quando o efeito *tension stiffening* era ignorado, pois as tensões de compressão do concreto eram subestimadas. Hsu e Zhang (1996) propuseram um modelo para o concreto armado que levava em conta o efeito *tension stiffening* que era então desprezado, pois se pensava que este não afetava de maneira significativa a resistência última dos elementos de concreto armado. Vários fatores influenciam o efeito *tension-stiffening* dentre eles pode-se destacar as dimensões do elemento, a taxa de armadura, o diâmetro das barras, os módulos de elasticidade e as resistências dos materiais. O efeito de *tension stiffening* é maior quanto menor for a taxa de armadura longitudinal e acarreta em um aumento da rigidez dos elementos de concreto armado após a fissuração até o escoamento da armadura longitudinal.

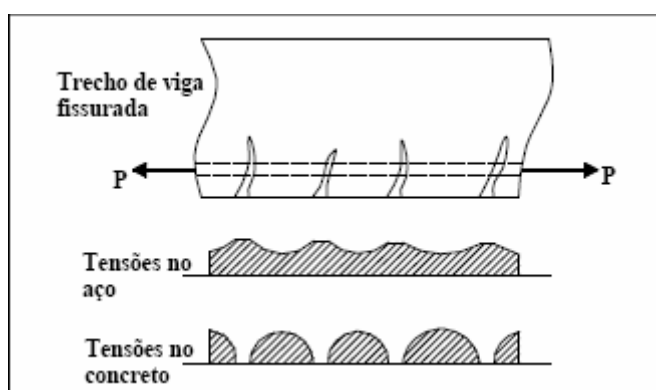


Figura 4.6 – Efeito *tension-stiffening*

4.3. TIPOS DE RUPTURA

4.3.1. Ruptura sem estribo

As vigas de concreto armado se comportam de forma mais complexa que as de material homogêneo e isotrópico. Para uma melhor sistematização deste estudo, far-se-á a análise dos tipos de ruptura de uma viga bi-apoiada com uma carga concentrada, armada à flexão e desprovida de armadura transversal (Figura 4.7).

As vigas da Figura 4.7 ilustram três tipos de ruptura:

- a) Ruptura por flexão: é uma ruptura dúctil, onde as fissuras originam-se aproximadamente ortogonais à armadura de flexão, numa região em que a tensão de tração alcança seu máximo, superando a resistência à tração do concreto;
- b) Ruptura por tração diagonal: após a formação das fissuras da flexão, fissuras inclinadas, advindas de uma tração diagonal, ocorrem nas seções intermediárias entre os apoios e o centro do vão, pois a tensão principal de tração supera a resistência à tração do concreto. Ocorrendo em geral em vigas protendidas, esse tipo de fissura leva ao rompimento brusco e provém da ação concomitante da flexão e força cortante;
- c) Ruptura por compressão no topo e tração diagonal: primeiramente originam-se as fissuras de flexão, logo após surgem às fissuras diagonais (tração diagonal) que se manifestam em direção ao topo da viga, causando a diminuição da zona comprimida de concreto, esse processo leva a ruptura dessa região pelo esmagamento do concreto, ou seja, a tensão principal de compressão supera a resistência à compressão do concreto;

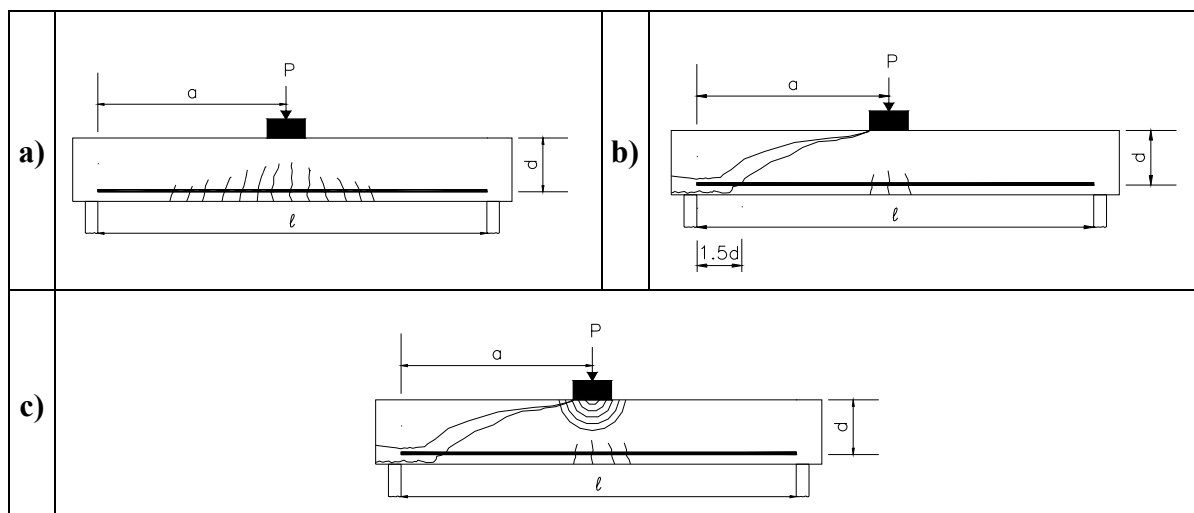


Figura 4.7 – Tipos de ruptura de vigas de concreto armado sem armadura transversal. (SANCHES, 1999)

Nos casos (b) e (c) a fissura diagonal pode manifestar-se em direção à armadura longitudinal, resultando no deslocamento dessa armadura, caso haja uma ancoragem deficiente, ocasionando a ruptura por ancoragem da armadura de flexão.

Estão listados, abaixo, os mecanismos internos que atuam na resistência das vigas à força cortante:

- (i) a zona comprimida de concreto situada acima da linha neutra (LN);
- (ii) o engrenamento dos agregados;
- (iii) o encavilhamento de armadura longitudinal de flexão;

As Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 ilustram um trecho elementar de viga, sob a ação dos três primeiros mecanismos listados. O engrenamento dos agregados *aggregate interlock* acontece ao longo das fissuras e corresponde a uma considerável parcela de resistência à força cortante.

De forma menos significativa influi o encavilhamento da armadura longitudinal de flexão (efeito de pino ou *dowel effect*), quando comparado com o engrenamento dos agregados.

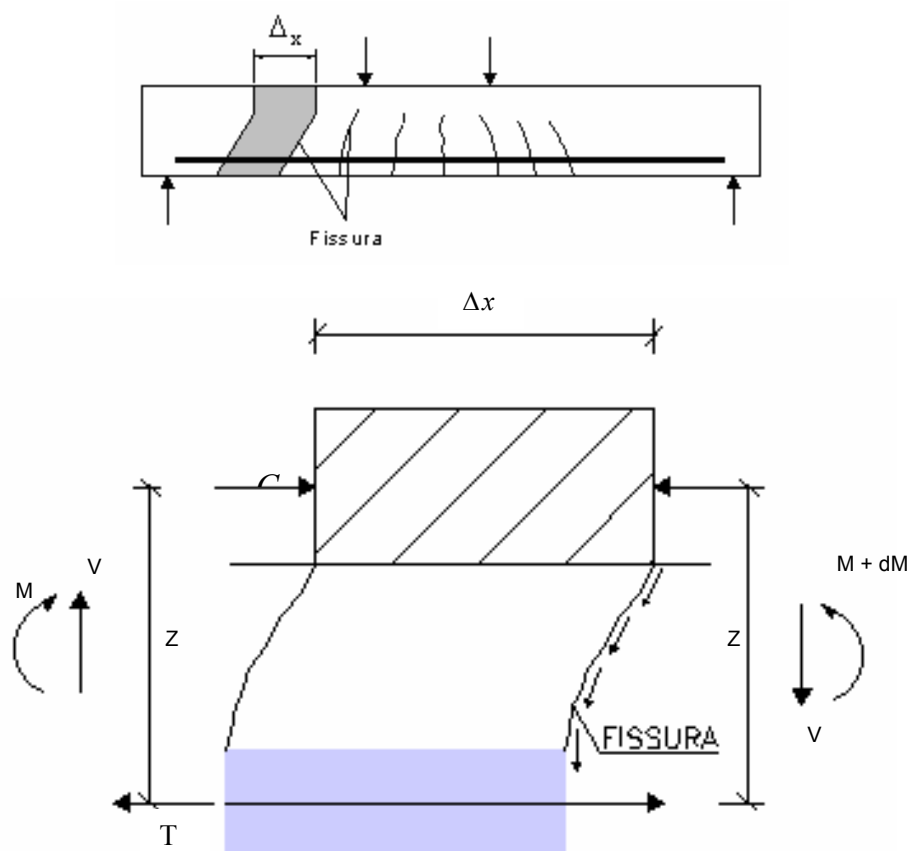


Figura 4.8 – Mecanismos internos resistentes. (SÁNCHEZ, 1999)

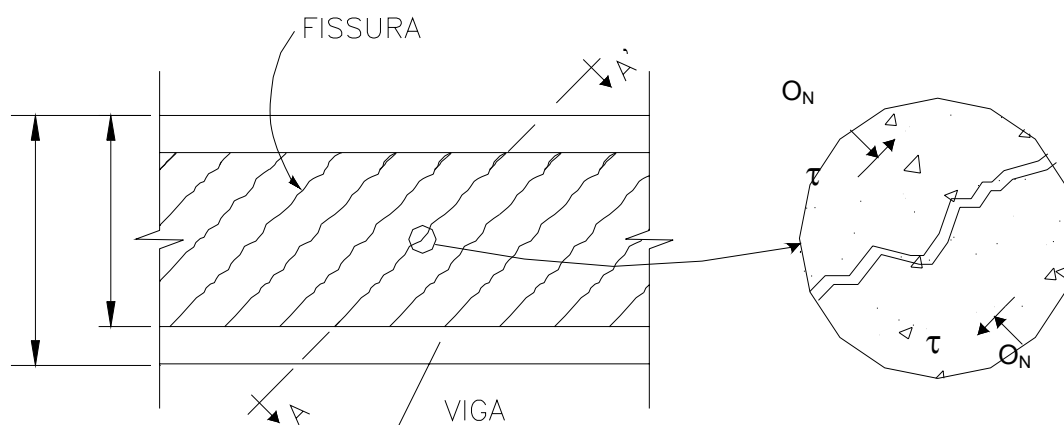


Figura 4.9 – Engrenamento dos agregados. (SÁNCHEZ, 1999)

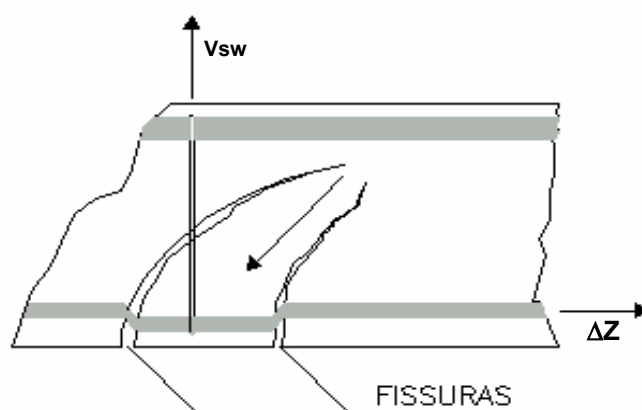


Figura 4.10 – Encavilhamento da armadura de flexão. (SÁNCHEZ, 1999)

4.3.2. Ruptura com estribo

Segundo Fusco (1984), os tipos de ruptura das vigas de concreto armado com armadura transversal submetidas a forças cortantes classificam-se da seguinte forma:

- Ruptura força cortante-compressão (Figura 4.11a): típico de peças superarmadas transversalmente, nas quais ocorre esmagamento do concreto das bielas antes que a armadura transversal possa entrar em escoamento. Nesse caso a ruptura é frágil e não há aviso prévio. A segurança é garantida desde que a tensão tangencial de referência não extrapole a tensão última;
- Ruptura força cortante-tração (Figura 4.11b): esse tipo de ruptura acontece tipicamente em peças subarmadas transversalmente, ou seja, aquelas cuja armadura transversal atinge o escoamento. Ocorrem grandes deformações na

armadura transversal e fissuração excessiva. A segurança desse tipo de ruptura é garantida pelo uso de armadura transversal em quantidade suficientemente adequada;

- c) Ruptura força cortante-flexão (Figura 4.11c): acontece quando as fissuras diagonais de cisalhamento cortam uma parte do banzo comprimido da peça. Com a espessura do banzo diminuída pode ocorrer o esmagamento do concreto. Geralmente, a seção de ruptura está localizada nas proximidades de elevadas forças concentradas. Garante-se a segurança por meio de dimensionamento e detalhamento adequados da viga à flexão;
- d) Ruptura por flexão da armadura longitudinal (Figura 4.11d): ocorre por motivos de deficiência da armadura longitudinal de tração, os quais impedem o funcionamento como treliça. O que garante a segurança contra esse tipo de ruptura é a atenção aos critérios de arranjo das armaduras, em especial no que se refere ao espaçamento e à ancoragem dos estribos;

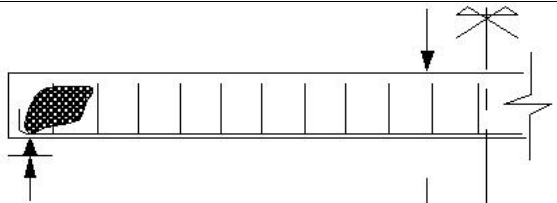
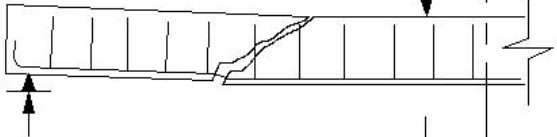
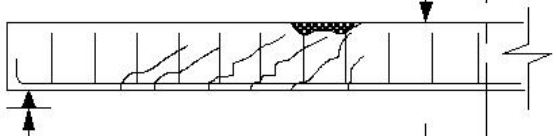
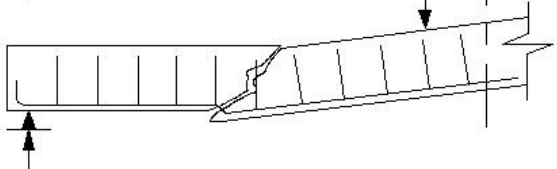
| | | |
|----|--|---|
| a) |  | Ruptura força cortante-compressão |
| b) |  | Ruptura força cortante-tração |
| c) |  | Ruptura força cortante-flexão |
| d) |  | Ruptura por flexão da armadura longitudinal de tração |

Figura 4.11 - Tipos de ruptura (FUSCO, 1984)

Em decorrência de uma inadequada ancoragem da armadura longitudinal, pode ocorrer a ruptura por fendilhamento do concreto. Em caso de não haver compressão do concreto transversalmente à armadura no trecho de ancoragem suficiente para impedir a fissuração do concreto, deve-se fazer uma armadura de costura, indicada na NBR 6118.

Ainda, conforme indicado pela NBR 6118 e em virtude de os possíveis tipos de rupturas decorrentes das forças cortantes acarretarem, possivelmente, o colapso não avisado da estrutura, deve-se garantir no dimensionamento que as solicitações tangenciais não sejam condicionantes da ruína. Como princípio fundamental de segurança, adota-se que os elementos estruturais sejam projetados de tal forma que, na eventualidade de sobrevir à ruína, essa decorra dos efeitos de solicitações normais ou de flexão.

4.4. TEORIAS EXISTENTES SOBRE CISALHAMENTO

4.4.1. Analogia de Treliça

A Analogia de Treliça proposta por Wilhelm Ritter e melhorada por Emil Mörsh no início do século passado foi um dos primeiros modelos formulados para projetos de estruturas de concreto armado. Com tal modelo, também conhecido como o das bielas e tirantes, Mörsh construiu uma teoria consistente que recebeu reconhecimento mundial. Ainda hoje é utilizada como base para o dimensionamento de vigas submetidas a esforço cortante servindo como base para diversas normas em vários países.

Após a fissuração a viga bi-apoiada de concreto armado é idealizada como uma treliça onde as diagonais comprimidas de concreto atuam como elementos diagonais e os estribos atuam como elementos verticais tracionados (Figura 4.12). A corda inferior da treliça é representada pela armadura longitudinal de tração enquanto, a parte superior comprimida da viga, atua como a corda superior. Mörsh afirmou que o esforço cortante é resistido pelas diagonais comprimidas do concreto inclinadas a 45° , acompanhando a inclinação das tensões principais na altura da linha neutra, e que o concreto não resiste a esforços de tração, considerando matematicamente impossível determinar a inclinação das fissuras. Vários autores introduziram modelos refinados utilizando mecanismos especiais de resistência ao esforço cortante, mas persiste a idéia principal da viga fissurada à treliça equilibrada.

Uma longa série de experiências mostrou que as vigas armadas seguindo a teoria da treliça de Mörsh fornecem uma armadura superior à necessária. Assim o modelo de treliça de Mörsh foi modificado para incluir a variação no ângulo das bielas de compressão, menor que 45° , resultando no modelo da treliça generalizada.

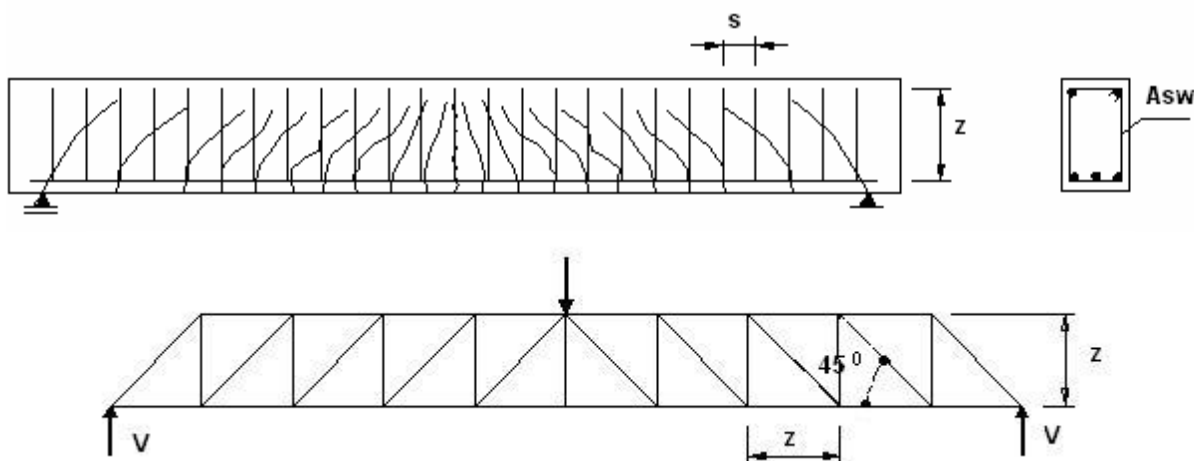


Figura 4.12 – Padrão de fissuração e modelo de treliça de Mörsh.

4.4.2. Analogia de treliça e o efeito arco (Analogia da treliça generalizada)

Em 1961, os ensaios realizados em Stuttgart, por R. Walther e F. Leonhardt (1964), fizeram com que a analogia da treliça de Mörsh fosse ampliada fazendo com que o comportamento estrutural efetivo correspondente à treliça em malha fosse considerado com a corda superior inclinada e com diagonais comprimidas menos inclinadas que 45° .

Nas regiões próximas aos apoios ocorre o efeito de arco, para onde as forças (concentradas ou distribuídas) são conduzidas diretamente por meio de um campo de tensões de compressão em forma de arco (Figura 4.13). Basicamente, pode-se substituir esse arco por uma biela com ângulo de inclinação θ_1 (Figura 4.14), diferente da inclinação θ das outras bielas. Então, nas vigas usuais, o efeito de arco pode absorver uma parcela das ações atuantes, parcela essa que depende da esbeltez da viga e do tipo e posição do carregamento.

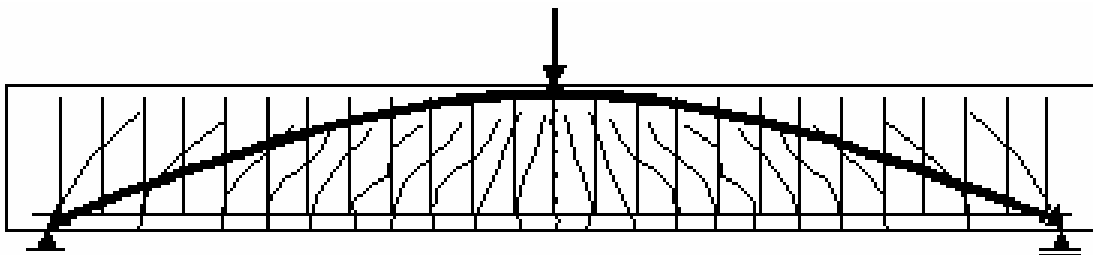


Figura 4.13 - Efeito de arco. (JANSZE W, 1997)

Esse efeito provoca um aumento da resistência ao cisalhamento em vigas compactas ($2 \leq l/h \leq 8$) e quando atua força próxima ao apoio ($a/h < 2$), segundo Leonhardt e Mönning (1979). A transferência direta de parte da ação para os apoios provoca um alívio nos montantes tracionados da treliça, resultando em uma diminuição da área da armadura transversal necessária. No entanto, salienta-se que o arco deve estar apoiado em um banzo tracionado bastante rígido (sem diminuição da área da armadura longitudinal) e os apoios devem ter rigidez suficiente para resistir ao empuxo horizontal. Assim, chega-se a analogia da treliça generalizada onde as inclinações dos elementos comprimidos dependem das relações de rigidez e do valor da armadura de cisalhamento.

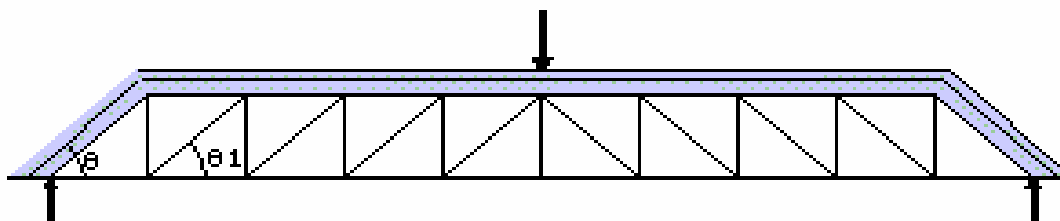


Figura 4.14 - Inclinação das Bielas (JANSZE W, 1997)

4.4.3. Modelos relacionados com a influência do vão de cisalhamento (relação a/d)

Conforme citados anteriormente, colapsos de vigas de concreto armado sem reforço transversal são caracterizados por diversos mecanismos. Uma publicação renomada de Leonhardt e Walther (apud JANSZE, 1997) apresenta o relatório de uma pesquisa que analisou experimentalmente vigas simplesmente apoiadas com $\rho = 1.88\%$. Dos padrões de colapsos descritos na Figura (4.15) as transições nos mecanismos de colapso diferentes claramente surgem de várias relações de a/d . Para $a/d > 7.0$ a viga rompe por flexão, com fissuras perpendiculares ao eixo do elemento estrutural. Quando o colapso ocorre por cisalhamento, sob as mais baixas relações de a/d a capacidade de resistência à flexão não é alcançada. Para relações muito baixas como $a/d < 1.0$, o colapso é causado pelo esmagamento

do concreto da alma ou dividindo a diagonal da escora do concreto que une o ponto de aplicação da carga e o apoio.

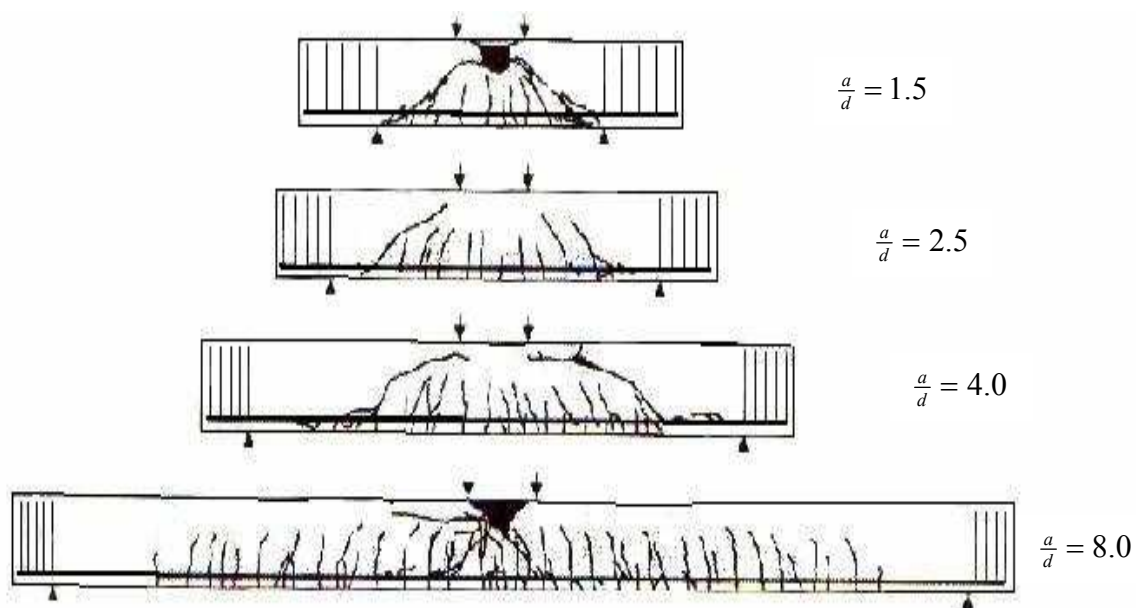


Figura 4.15- Tipos de colapso para varias relações a/d (JANSZE, 1997)

Estudos experimentais efetuados por Kani (apud LEONHARDT *et al.*, 1979) permitiram concluir que o comportamento das vigas depende essencialmente da relação entre o vão de cisalhamento (a) e a altura útil (d) e também da taxa de armadura longitudinal (ρ). Com base nestes ensaios, foi elaborado o diagrama da Figura 4.16, onde os momentos de ruptura e a relação momento força cortante aparecem em declive que começa em $a/d=1$ e atinge o ponto mais baixo em $a/d \approx 3$. O gráfico então sobe e quando $a/d=7$ atinge-se o momento correspondente à ruptura por flexão. Constata-se a existência de um determinado intervalo de valores de a/d em que o momento correspondente à ruptura por flexão decresce mais depressa que o momento correspondente à ruptura por esforço cortante. Esse intervalo de valores da relação a/d , em que o comportamento é influenciado pela presença do cortante, é designado “*Vale da Força Cortante*”. Para valores de a/d fora desta faixa, o comportamento é regido pela flexão. A figura 2.1 mostra, também, que quanto maior é a porcentagem de armadura longitudinal (ρ) maior é a probabilidade de uma ruptura regida pelo esforço cortante, já que o incremento desta armadura causa um aumento da resistência à flexão superior ao da resistência ao cortante.

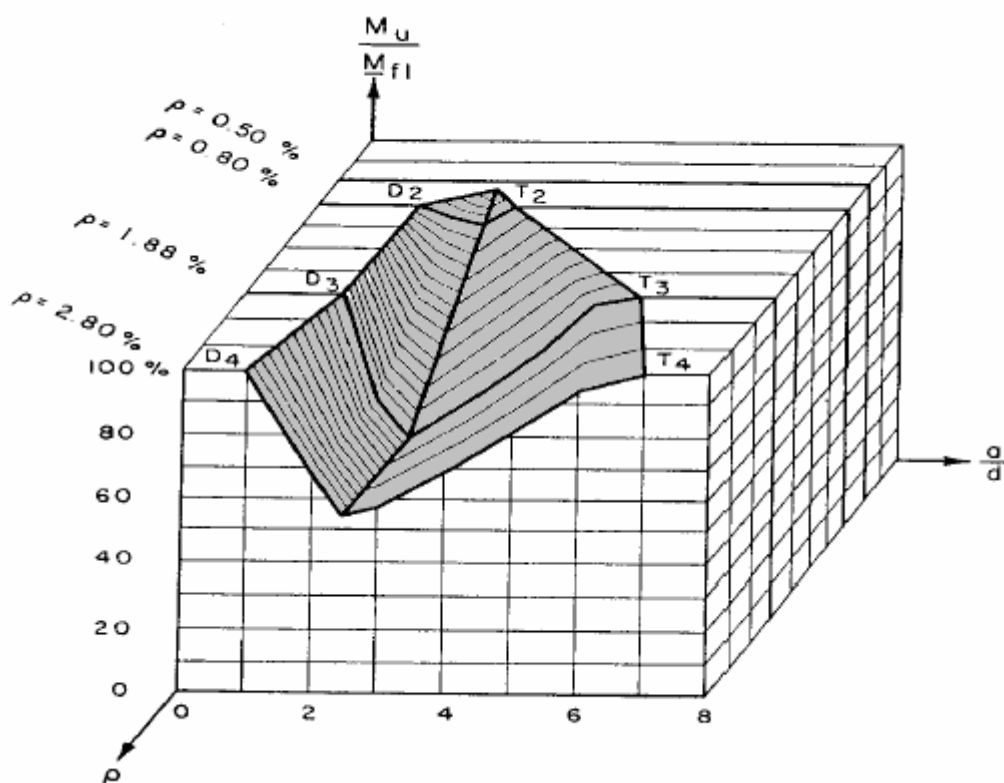


Figura 4.16 - “Vale da Força Cortante” (KANI, 1964).

Kotsovos (1983) classificou o comportamento dos elementos de concreto sem armadura transversal em quatro diferentes tipos, em função da relação a/d . O comportamento tipo I corresponde a valores elevados da relação a/d , é caracterizado por uma ruptura de flexão, com fissuras perpendiculares ao eixo do elemento estrutural. Os outros tipos de comportamento (II, III e IV) estão relacionados com modos de ruptura influenciados pela força cortante. O comportamento tipo II (ruptura pela ação combinada de momento fletor e esforço cortante) caracteriza-se pela formação de uma fissura inclinada a partir de uma de flexão, que pode levar aos dois modos de ruptura:

- (i) Ruptura que acontece de forma brusca, resultado da propagação dessa fissura em direção à zona comprimida e ao apoio ao longo da armadura longitudinal;
- (ii) Ruptura que surge de forma gradual, motivada pelo prolongamento da fissura inclinada em direção à zona do banzo comprimido, e que, de forma semelhante à ruptura por flexão, origina o esmagamento do concreto neste banzo.

Contrariamente à situação anterior, o comportamento tipo III (ruptura por cortante) é caracterizado pela aparição da fissura inclinada independentemente de fissura de flexão. Para este tipo, os dois modos de ruptura mais característicos são:

- i) Ruptura brusca logo após a formação da fissura diagonal, ou seja, o momento fletor correspondente à ruptura por esforço cortante iguala-se ao momento fletor que corresponde à fissuração diagonal.
- ii) Ruptura por esmagamento do concreto da zona de compressão longitudinal devido à propagação desta fissura até o banzo comprimido. À medida que a/d decresce, o momento correspondente à ruptura cresce de um valor mínimo, que depende da relação a/d ($a/d \approx 2$ a 3) e da porcentagem de armadura longitudinal (ρ), até atingir o momento resistente. O quarto tipo de ruptura, também por cortante, é definido pelo esmagamento do concreto da alma numa zona próxima aos apoios. Quanto maior for a taxa de armadura (ρ), menor é a abertura e o comprimento das fissuras de flexão, permitindo maior desenvolvimento do atrito e do engrenamento entre faces das fissuras, logo uma maior capacidade resistente à força cortante. Maior aderência da armadura longitudinal ao concreto envolvente leva a um maior número de fissuras e menor abertura das mesmas. Esta situação permite uma maior contribuição do efeito de atrito entre faces da fissura na capacidade resistente da viga. Por outro lado, para maior porcentagem desta armadura tem-se uma maior contribuição do efeito de pino da mesma na resistência da viga à força cortante.

4.4.4. Modelo de Pente e Modelo de Arco Atirantado para Comportamento de Colapsos por cisalhamento para $a/d > 2.5$

Um modelo que descreve este modo de ruína foi apresentado por Kani (apud JANSZE, 1997) e tornou-se conhecido como *analogia de pente*. O momento fletor causa fissuras que se desenvolvem no vão de cisalhamento. Desta forma, são formados dentes de concreto entre estas fissuras e funcionam como balanços fixados ao arco não fissurado. Em virtude da ligação entre o concreto e o reforço longitudinal os consolos estão carregados. Quando a resistência à tração na raiz de um dente é excedida, a fissura de flexão é transformada em uma fissura de cisalhamento. Como resultado, o consolo é separado do arco,

e como o arco remanescente não é capaz de resistir à carga externa, o colapso por cisalhamento acontece.

Considerando casos extremos de comportamento: “ação de viga” e “ação de arco”, Kani (apud JANSZE, 1997) explicam os dois modelos físicos 1. *Modelo de Pente* (Figura 4.17): mecanismo resistente associado à transmissão das forças de tração da armadura longitudinal ao concreto; 2. *Modelo de Arco atirantado* (Figura 4.17): mecanismo resistente resultante da maior inclinação das tensões de compressão, e que pode ser mobilizado à medida que o mecanismo anterior se esgota. Suponha-se uma viga sujeita a um carregamento que leve à formação de fissuração por flexão. Esta fissuração divide a zona tracionada da viga em elementos de concreto (limitados pelas fissuras) engastados na zona comprimida. Estes elementos (dentes) funcionam como pequenos consolos submetidos a uma força ΔF que causa momento e cortante nas suas bases, como mostra a Figura 4.17. Quando a tensão de tração devido a este momento se iguala à resistência do concreto à tração, as fissuras que se formam na base dos consolos juntam-se às fissuras inclinadas já existentes. Nota-se que o modelo de Kani (apud JANSZE, 1997) não considerou a possibilidade da força cortante se transmitir através das fissuras de flexão; é admitido que toda a força cortante é resistida pela zona comprimida.

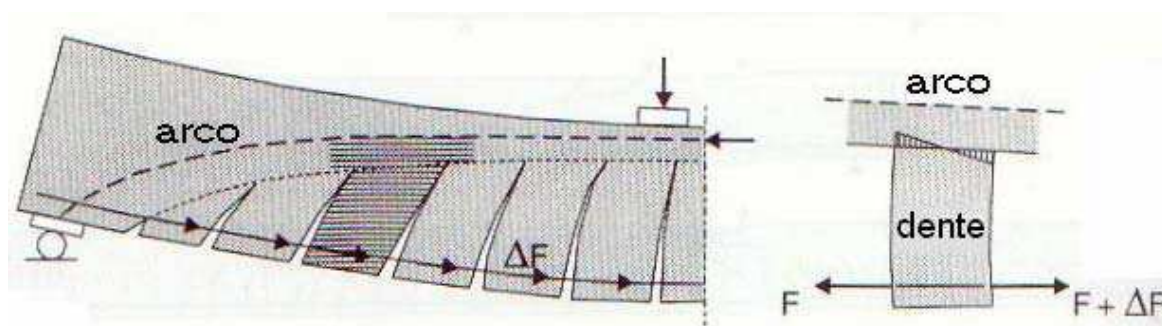


Figura 4.17 - Modelo de Pente (JANSZE, 1997)

Atualmente sabe-se que parte da força cortante é resistida pelo efeito do intertravamento de agregados ao longo da fissura diagonal, e pelo efeito de pino da armadura longitudinal. Estudos posteriores, Taylor (apud JANSZE 1997), concluíram que Kani (apud JANSZE, 1997) subestimou a capacidade resistente ao cisalhamento porque a contribuição do atrito de deslizamento nas faces da fissura não é levada em conta. Aproximadamente 25 a 45% da resistência ao cisalhamento total é transferida pelo efeito arco (ação do concreto não fissurado acima da fissura diagonal), 30 a 50% pelo mecanismo de intertravamento de agregados e 15-25% por ação do efeito pino das barras longitudinais. Recentemente, Sarkar *et*

al. (1999) analisaram as parcelas resistentes devido a estes mecanismos resistentes ao esforço cortante, em vigas com relação $a/d=2$, taxa de armadura longitudinal $\rho=2,92\%$, e concreto com f_c de 40 a 110 MPa. Concluíram que as contribuições ao cortante resistente foram: de 34 a 40% do intertravamento do agregado, de 13 a 17% da compressão e 53 a 43% da armadura longitudinal, para f_c de 40 a 110 MPa, respectivamente.

Foi mostrado por Kani (apud JANSZE, 1997) que existe uma transformação do modelo de pente no modelo de arco atirantado, por meio das deformações medidas na região entre carga e apoio, para níveis de carga iguais a 1,0, 1,5, 1,75 vezes a carga de serviço segundo o código ACI-318, em uma viga com relação $a/d=2,5$. Para níveis de cargas superiores, verificou-se um decréscimo das compressões junto à face superior, e um rápido incremento tanto das compressões a meia altura da seção, como das trações ao nível da zona inferior, mostrando uma tendência da viga se comportar como um arco atirantado.

Para carregamentos mais elevados começam a se formar fissuras inclinadas, que vão crescendo com o incremento dos mesmos, dando origem ao modelo de arco representado na Figura (4.18).

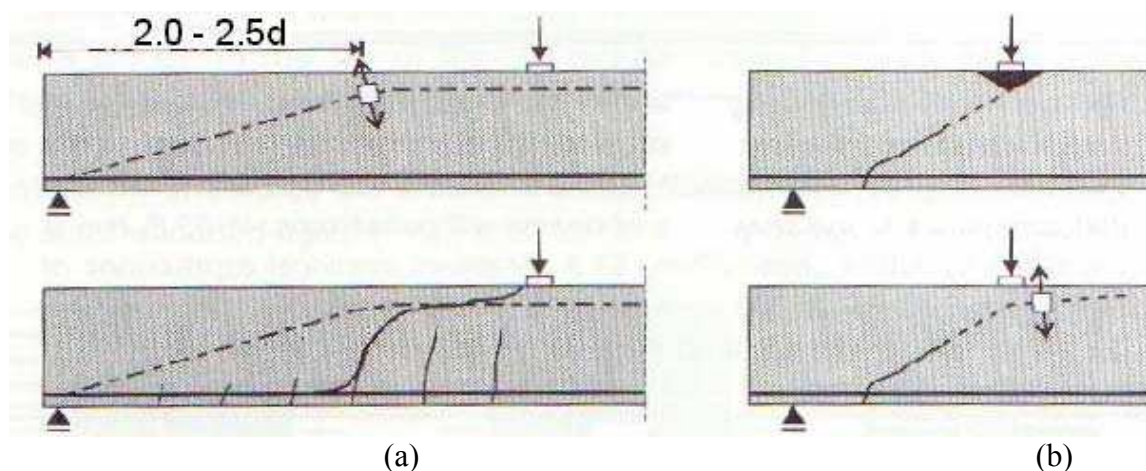


Figura 4.18 - Colapso para a) $2,5 < a/d < 7,0$ b) Colapso para $1,0 < a/d < 2,5$ (JANSZE, 1997)

As vigas sem estribos (Figura 4.19), cujos ensaios encontram-se descritos na literatura, todas com cargas concentradas, apresentaram tipo de ruptura por cisalhamento variável com a relação a/d . Com maiores valores de a/d , a ruptura foi súbita e ocorreu logo após o aparecimento das fissuras inclinadas críticas. Já para menores valores de a/d ($< 2,5$) ocorreu uma significativa reserva de resistência após o aparecimento dessas fissuras devido ao efeito de arco, sendo ela maior nas vigas com maior resistência à compressão. Para maiores valores de a/d , as fissuras de cortante formaram-se a partir das fissuras de flexão enquanto,

nas vigas com menor a/d estas, em geral, desenvolveram-se repentinamente e freqüentemente não associadas a qualquer fissura de flexão (mostrando um comportamento de arco atirantado com menos fissuras de flexão).

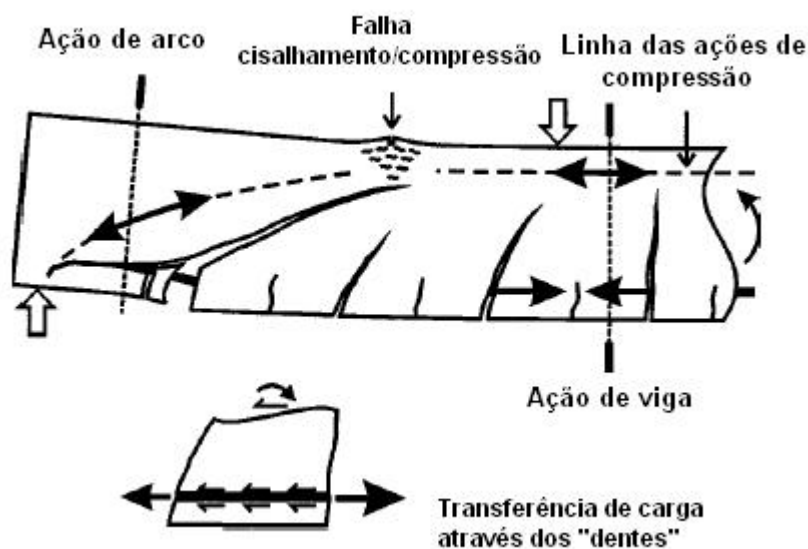


Figura 4.19 - Efeito do cisalhamento em viga sem armadura transversal (STRATFORD *et al.* 2003)

Castro (1997) mostrou que as vigas sem armadura transversal apresentam um aumento da resistência ao cisalhamento com o aumento da taxa de armadura longitudinal, embora este diminua com o aumento da relação a/d e aumento da resistência do concreto. Também concluiu que em vigas sem armadura transversal com maiores valores de a/d a ruptura se dá por tração diagonal, enquanto em vigas com menores relações de a/d pode ocorrer ruptura da zona comprimida com altura diminuída devido ao efeito do esforço cortante, ou por esmagamento do “arco comprimido” da viga. Nas vigas com altos valores de f_c , baixas relações a/d e sem armadura transversal a ruptura torna-se súbita e “explosiva”.

4.4.5. Modelo baseado na Teoria do Campo de Compressão Diagonal Modificada

A Teoria do Campo de Compressão Diagonal pretende para qualquer estágio de carregamento, não apenas determinar a resistência, mas o comportamento completo do elemento sujeito ao esforço cortante. O método baseado na Teoria de Campo de Compressão Modificada (VECCHIO e COLLINS, 1991) considera três equações de equilíbrio e duas de

compatibilidade. As equações de equilíbrio coincidem com as usadas na teoria da plasticidade ao se aplicar o teorema do limite inferior.

As deformações específicas médias podem ser obtidas do círculo de Mohr mostrado na Figura 4.20.

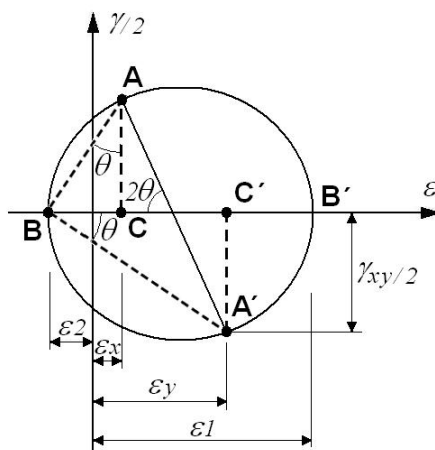


Figura 4.20 – Círculo de Mohr das deformações específicas

$$\operatorname{tg}^2 \theta = \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_2}{\varepsilon_y - \varepsilon_2} \quad (4.2)$$

Onde:

ε_x = deformação específica longitudinal;

ε_y = deformação específica transversal;

γ_{xy} = deformação angular;

ε_2 = deformação principal de compressão.

A compatibilidade das deformações pode ser estabelecida, considerando-se o concreto no estado fissurado, com coincidência das direções das tensões e das deformações principais, ilustrado na Figura 4.21, e admitindo-se que as deformações no concreto e no aço que o atravessa são as mesmas.

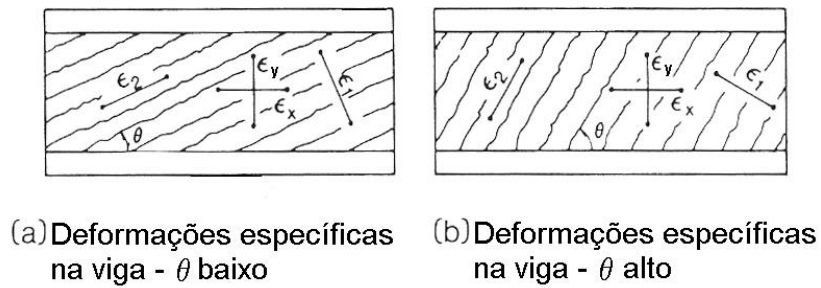


Figura 4.21 - Deformações específicas na viga

Ensaio de painéis de concreto armado submetidos a estado de tensões biaxial que relaciona a tensão de compressão limite ($f_{c2} = k_o f_c$) com a deformação principal de tração, permitiram a obtenção da relação tensão-deformação do concreto fissurado (Figura 4.22) proposta por Vecchio e Collins (1986).

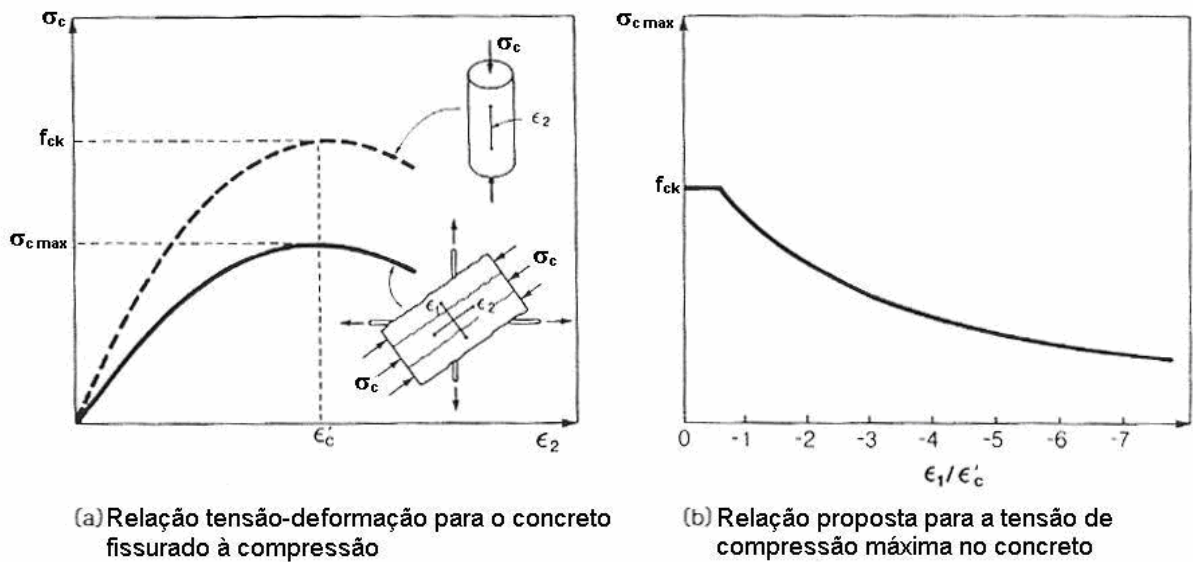


Figura 4.22- Relação tensão deformação para o concreto (Collins e Mitchell, 1987).

$$\frac{f_{c2}}{f_c} = \frac{1}{0,8 + 0,34 \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0}} \leq 1,0 \tag{4.3}$$

$$f_2 = f_{c2} \left[2 \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_0} \right) - \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_0} \right)^2 \right] \tag{4.4}$$

onde:

ε_1 = deformação específica principal de tração,

ε_0 = deformação específica do concreto correspondente à máxima tensão (usualmente considerada 0,002).

A relação tensão-deformação de tração do concreto usada antes da fissuração pode ser escrita como:

$$\sigma_t = E_c \varepsilon_1 \quad \text{para} \quad \varepsilon_1 \leq \varepsilon_{cr} \quad (4.5)$$

onde :

E_c = módulo de elasticidade do concreto;

ε_{cr} = deformação específica do concreto quando da fissuração.

Após a fissuração a equação pode ser escrita:

$$\sigma_t = \frac{f_t}{1 + \sqrt{500\varepsilon_1}} = \frac{0,33\sqrt{f_c}}{1 + \sqrt{500\varepsilon_1}} \leq \frac{0,18\sqrt{f_c}}{0,3 + \frac{24w_f}{d_a + 16}} \quad (4.6)$$

onde:

f_t = a tensão de tração correspondente à fissuração do concreto;

w_f = é a abertura das fissuras diagonais;

d_a = a dimensão máxima do agregado.

Estas equações constitutivas dos materiais, junto com as de equilíbrio e de compatibilidade possibilitam avaliar as deformações de elementos submetidos a força cortante, para diferentes níveis de carregamento. Ensaios realizados indicaram que a hipótese admitida de coincidência das direções das tensões e das deformações principais é razoável, havendo um desvio entre elas de cerca de $\pm 10^0$ (COLLINS e MITCHELL, 1996).

Partindo das equações de compatibilidade, de equilíbrio e de tensão-deformação, chegou-se à equação 4.7, que relaciona a tensão cisalhante nominal resistente ao ângulo θ e às deformações ε_x e ε_1 .

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + \left[\varepsilon_x + 0,002 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{V}{b_w z f_c} (\operatorname{tg}\theta + \cot\theta)(0,8 + 170\varepsilon_1)} \right) \right] \cot^2 \theta \quad (4.7)$$

Considerando para ε_x a deformação do banzo tracionado de uma treliça equivalente ao campo de tensões de compressão considerado, obtém-se:

$$\varepsilon_x = \frac{\left(\frac{M}{z} \right) + 0,5V \cot\theta}{E_s A_s} \quad (4.8)$$

e o valor de σ_2 é dado por:

$$\sigma_2 = \frac{V}{b_w \cdot z} (\operatorname{tg}\theta + \cot\theta) \quad (4.9)$$

Obtêm-se, a partir da equação 4.4, as equações:

$$\varepsilon_2 = -0,002 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sigma_2}{f_{c2}}} \right) \quad (4.10)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_x - \varepsilon_2) \cot^2 \theta \quad (4.11)$$

O método de dimensionamento proposto para vigas com armadura transversal menor que a mínima ou sem armadura transversal admite que o esforço cortante resistido pelo concreto fissurado pode ser escrito como:

$$V_c = \sigma_t b_w z \cot\theta = \beta \sqrt{f_c} b_w z \quad (4.12)$$

$$\beta = \frac{0,33 \cot \theta}{1 + \sqrt{500\varepsilon_1}} \leq \frac{0,18\sqrt{f_c}}{0,3 + \frac{24w_f}{d_a + 16}} \quad (4.13)$$

Em elementos sem estribos, a possibilidade do concreto fissurado de resistir ao esforço cortante é função da abertura da fissura diagonal (w_f). Nestes elementos, as fissuras diagonais são mais espaçadas. O espaçamento das fissuras quando $\theta=90^\circ$ é nomeado de S_x , e este espaçamento é função principalmente da distância máxima entre as armaduras de flexão e a zona de compressão (Figura 4.23). O fator β , indicador da capacidade do concreto fissurado de resistir ao esforço cortante, é uma função de θ , ε_1 , e s_x . Para dados valores de ε_x e s_x , é escolhido o valor de θ e calculado o valor de β por meio das equações.

As equações gerais da Teoria de Campo de Compressão Modificada as quais pretendem considerar o complexo comportamento do concreto fissurado na diagonal adaptam-se melhor para soluções computacionais do que para cálculos manuais. Existem tabelas para θ e β que tornam o método mais simples para ser resolvido manualmente. Collins e Mitchell (1996) concluíram que uma característica fundamental destes novos procedimentos é que estes consideram explicitamente a influência do esforço cortante em armaduras longitudinais.

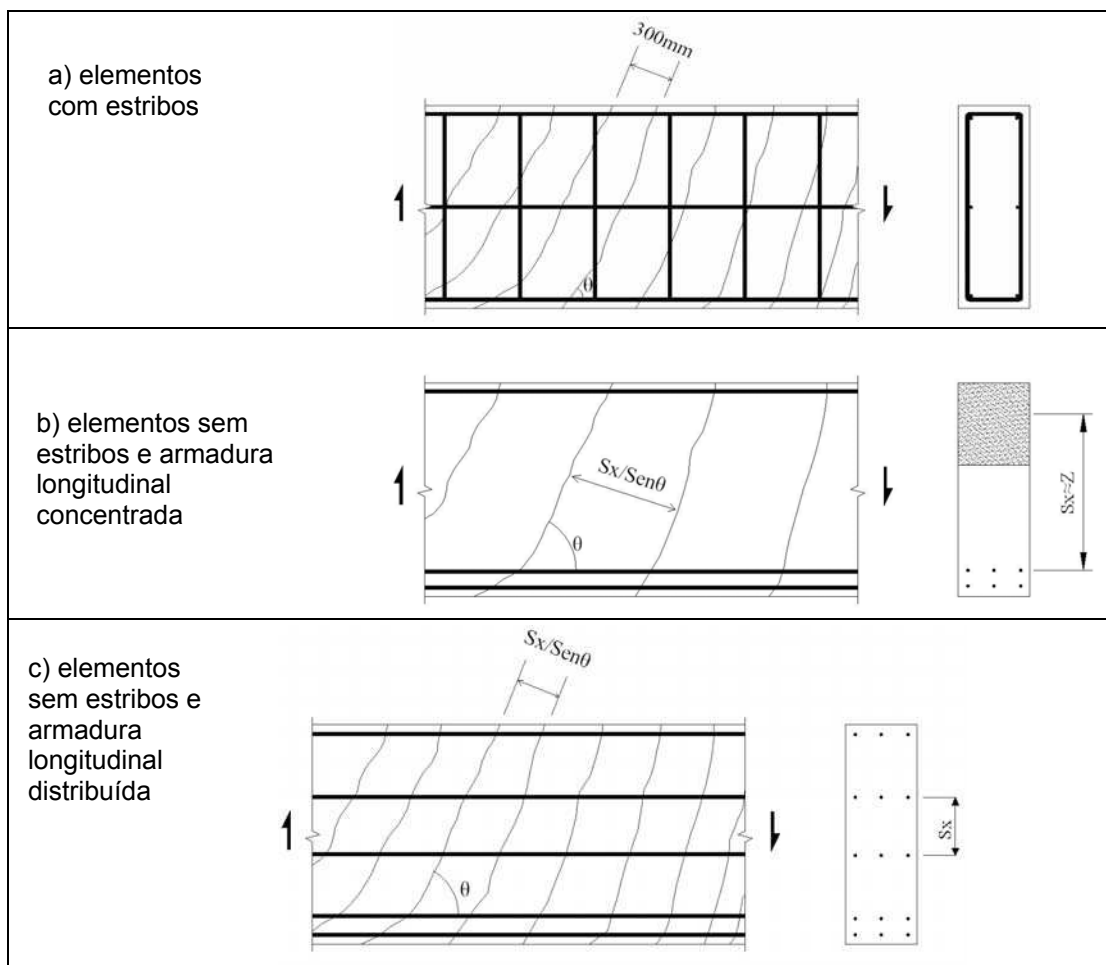


Figura 4.23 – Influência da distribuição da armadura no espaçamento da fissura diagonal (COLLINS *et al.* 1996)

Collins e Kuchma (1999) propuseram uma equação para determinar a capacidade resistente de vigas de concreto armado sem armadura transversal, considerando a Teoria de Campo de Compressão Modificada. A equação proposta admite para β um valor constante e S_x como variável que leva em conta o efeito da altura efetiva no dimensionamento ao esforço cortante.

$$\tau_{wu} = \frac{245}{1275 + S_{xe}} \sqrt{f_c} \quad (4.14)$$

sendo f_c , τ_{wu} em MPa e S_{xe} em mm.

4.5. ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS PARA DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO AO CISALHAMENTO COM PRFC

O rápido aumento na utilização de materiais de PRF como reforço em estruturas de concreto obrigou que esforços internacionais fossem despendidos para desenvolver diretrizes de dimensionamento. Estes esforços têm resultado na publicação de vários códigos e guias de dimensionamento. A maioria dos dimensionamentos de prevenção ao cisalhamento incorporados nestes códigos e guias estão baseados nas fórmulas de dimensionamento de estruturas reforçadas com aço convencional considerando algumas modificações para levar em conta as diferenças significativas entre o PRF e o aço. Estas guias e códigos usam o conhecido método $V_c + V_{sw}$ de dimensionamento ao cisalhamento que estão baseados na analogia de treliça.

Apresenta-se a seguir os critérios para dimensionamento de reforço ao cisalhamento com PRFC que foram escolhidos como comparação para os resultados experimentais obtidos: ACI 440 (2003), Bulletin 14-fib (2001), proposições de De Lorenzis (2002) para laminados inseridos no concreto de recobrimento, recomendações do EMPA (2003) para laminados em forma de L e sugestões do Boletim Técnico 55 da *British Concrete Society* (2000), para acréscimo de PRF axial adicional.

4.5.1. Dimensionamento de reforço ao esforço cortante segundo recomendações do ACI 440 (2003)

Como a formulação que será descrita a seguir corresponde às recomendações normativas americanas, faz-se necessário apresentar algumas diferenças entre as normas americanas e brasileiras. Souza e Bittencourt (2003) mostraram que a resistência característica do concreto à compressão estabelecida pelo ACI-318 (1997) é estatisticamente diferente da resistência característica estabelecida pela NBR 6118 (2003) e que essa diferença tende a ser cada vez mais acentuada conforme se aumenta o desvio padrão. Os autores observaram que o ACI-318 (1997) possui um critério de distribuição estatística e um critério de controle de qualidade do concreto um pouco mais rígido do que aquele estabelecido pela NBR 6118 (2003). Diante do exposto, o valor de f'_{ck} não pode ser igual ao valor de $f'c$, hipótese muitas vezes admitida. Para que um concreto executado no Brasil tenha a mesma resistência média

de um concreto feito nos Estados Unidos, com a mesma dosagem e com a mesma relação água cimento, o valor de f_c deverá ser ligeiramente superior ao valor de f'_c .

A resistência nominal ao esforço cortante de um elemento de concreto reforçado com um sistema de PRF deve exceder a resistência ao esforço cortante requerido (Equação 4.15). A resistência ao esforço cortante requerida para um elemento de concreto com reforço de PRF deve ser calculada com os fatores de segurança requeridos pela ACI 318, (1995) A resistência ao esforço cortante deve ser calculada utilizando-se um fator de redução ϕ :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (4.15)$$

A capacidade nominal de resistência ao esforço cortante de um elemento de concreto com reforço de PRF pode ser determinada adicionando-se à contribuição do reforço às contribuições do aço e do concreto (Equação 4.16). Um fator de redução, ψ_f é aplicado na contribuição do sistema PRF.

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \psi_f V_f) \quad (4.16)$$

Recomenda-se o valor de ψ_f igual a 0,95 para elementos completamente envolvidos e ψ_f igual a 0,85 para envolvimento em U e colagem somente nas laterais. A Figura 4.24 ilustra as variáveis que são utilizadas nas fórmulas para dimensionamento do reforço.

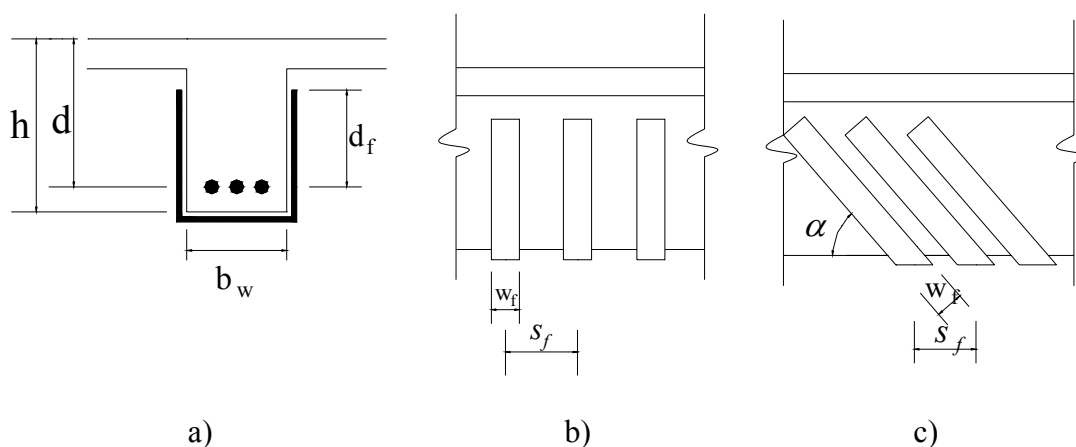


Figura 4.24 -Variáveis utilizadas no dimensionamento do sistema de reforço (ACI 440.2R-02, 2002)

A contribuição do sistema PRF na resistência ao esforço cortante de um elemento é baseada na orientação das fibras e pelo padrão de fissura assumida (KHALIFA *et al.* 1998). A resistência ao cisalhamento proporcionada pelo reforço de PRF pode ser determinada calculando-se a força resultante da tensão no PRF admitida através da fissura. A contribuição do reforço de PRF é dada pela Equação (4.17).

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_f}{S_f} \quad (4.17)$$

$$A_{fv} = 2nt_f w_f \quad (4.18)$$

onde:

A_{fv} - área da seção transversal

n - número de camadas de fibras

t_f - espessura das fibras (mm)

A tensão no reforço de PRF, na etapa de carga última, é diretamente proporcional ao nível de deformação que pode surgir no reforço ao cisalhamento de PRF no estado último.

$$f_{fe} = E_f \varepsilon_{fe} \quad (4.19)$$

onde:

f_{fe} - tensão efetiva na fibra

ε_{fe} - deformação específica do compósito

E_f - módulo de elasticidade longitudinal do compósito

4.5.1.1 Deformação efetiva das lâminas de PRF.

A deformação efetiva e a deformação máxima que pode ser alcançada pelo sistema de PRF na etapa de carga última são governadas pelo modo de colapso do sistema de PRF e do elemento de concreto armado com reforço. O engenheiro deve considerar todos os tipos de colapso possíveis e utilizar uma deformação efetiva representativa igual ao modo de colapso

crítico. As seguintes subseções sugerem a determinação desta deformação efetiva para diferentes configurações de lâminas de PRF utilizadas para o reforço ao cisalhamento em elementos de concreto armado.

4.5.1.2. Elemento completamente envolvido

Para elementos de vigas e pilares de concreto armado completamente envolvido pelo sistema PRF, tem-se observado uma perda de aderência do agregado do concreto em deformações da fibra menores que as deformações últimas da fibra. Para descartar este modo de colapso, a deformação máxima usada para o projeto deve-se limitar a 0,4% para aplicações que podem ser completamente envoltas com o sistema PRF (Equação 4.20).

$$\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq 0,75\varepsilon_{fu} \quad (4.20)$$

onde:

ε_{fu} - deformação específica de ruptura do compósito.

Este limite de deformação está baseado em ensaios experimentais. Não se devem usar deformações superiores para aplicações de reforços ao cisalhamento em PRF.

4.5.1.3. Envolvimento em U ou colagem somente nas laterais

Nos sistemas que não envolvem a seção completa (em U e nas laterais), tem-se observado que elas se soltam do concreto antes que ocorra perda de aderência do agregado com o concreto. Por esta razão os esforços de aderência devem ser analisados para determinar o grau de utilidade destes sistemas e o nível de deformação efetiva que pode ser alcançado (TRIANTAFILLOU, 1998). A deformação efetiva é calculada utilizando o coeficiente de segurança de aderência, k_v , aplicável ao cortante.

$$\varepsilon_{fe} = k_v \varepsilon_{fu} \leq 0,004 \quad (4.21)$$

O coeficiente de segurança de aderência é definido em função da resistência do concreto, do tipo de esquema utilizado no envolvimento da seção e da rigidez da lâmina. O coeficiente de redução de aderência pode ser calculado a partir das Equações (4.22) a (4.25) (KHALIFA *et al.* 1998).

$$k_v = \frac{k_1 k_2 L_e}{11900 \epsilon_{fu}} \leq 0,75 \quad (4.22)$$

Sendo que: k_1 e k_2 serão definidos mais adiante (Equações 4.24 e 4.25)

O comprimento de aderência efetivo, L_e , é o comprimento sobre o qual se concentra a maioria dos esforços de aderência. Este comprimento é dado pela Equação (4.23).

$$L_e = \frac{416}{(n \cdot t_f \cdot E_f)^{0,58}} \quad (4.23)$$

Onde:

t_f – espessura do compósito (mm)

E_f – módulo de elasticidade longitudinal do compósito (GPa)

O coeficiente de segurança de aderência também depende de dois fatores de correção, k_1 e k_2 , os quais contemplam a resistência do concreto e o esquema de envolvimento utilizado, respectivamente. As expressões para estes fatores de correção estão mostradas abaixo

$$k_1 = \left(\frac{f'_c}{27} \right)^{2/3} \quad (4.24)$$

Onde:

f'_c – resistência à compressão do concreto (MPa)

$$k_2 = \begin{cases} \frac{d_f - L_e}{d_f} & \text{para envolvimento em} \\ & \text{U} \\ \frac{d_f - 2L_e}{d_f} & \text{para colagem em duas} \\ & \text{faces} \end{cases} \quad (4.25)$$

A metodologia para determinar k_v tem sido válida para elementos em regiões de alto esforço cortante e baixo momento fletor, tais como vigas simplesmente apoiadas carregadas monotonicamente. Ainda que a metodologia não tenha sido confirmada para o reforço ao cisalhamento em áreas sujeitas simultaneamente ao alto esforço cortante e ao momento, k_v parece ser suficientemente conservador para os ditos casos. (KHALIFA *et al.* 1999).

As ancoragens mecânicas podem ser usadas nos extremos para desenvolver maiores tensões Khalifa *et al.* (1999). A segurança das ancoragens mecânicas, bem como o nível de tensões produzidas, deveria ser sustentada por uma avaliação física representativa. Em caso algum, porém, a deformação efetiva nas lâminas de PRF deve exceder 0,004.

4.5.1.4. Limites do Reforço

O reforço total ao cisalhamento deve ser obtido como a soma da contribuição do reforço e do aço ao esforço cortante. O esforço cortante deve ser limitado com base no critério aceito somente para o aço conforme ACI 318 Seção 11.5.6.9, (1995). A Equação (4.26) indica este limite.

$$V_s + V_f \leq 0,66\sqrt{f'_c}bd \quad (4.26)$$

4.5.2. Dimensionamento de reforço ao esforço cortante segundo recomendações do bulletin 14 – fib

Apresentam-se a seguir os procedimentos para reforço ao cisalhamento segundo as prescrições da fib – bulletin 14, (2001). Para envolvimento completo ou ancoragem apropriada de PRFC o controle de ruptura do PRF é dado por:

$$\varepsilon_{fe} = 0,17 \left[\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right]^{0,30} \varepsilon_{fu} \quad (4.27)$$

Para colagem do sistema nas laterais ou em forma de U com PRFC é dado por:

$$\varepsilon_{fe} = \min \left[\underbrace{0,65 \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,56}}_{\text{descolamento}} \times 10^{-3}, \underbrace{0,17 \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,30}}_{\text{ruptura}} \varepsilon_{fu} \right] \quad (4.28)$$

As unidades de f_{cm} devem ser em MPa e E_{fu} em GPa.

O valor da contribuição de V_f para seção retangular é dado por:

$$V_{fd} = 0,9 \times \varepsilon_{fe} \times E_f \times \rho_f \times bw \times d \times (1 + \cot g\beta) \text{sen}\beta \quad (4.29)$$

A taxa de reforço ρ_f é igual a:

$$\rho_f = 2t_f \times bw \times \text{sen}\alpha \quad \text{Tecido contínuo} \quad (4.30)$$

$$\rho_f = \left(\frac{2t_f}{b_w} \right) \left(\frac{b_f}{s_f} \right) \quad \text{Tecido em faixas de largura } b_f, \text{ com espaçamento } s_f \quad (4.31)$$

Onde:

ρ_f = taxa de reforço;

t_f = espessura do compósito;

s_f = espaçamento entre as faixas de reforço ao cisalhamento;

w_f = largura da faixa de PRFC;

E_f = módulo de elasticidade do compósito;

ε_{fe} = deformação específica do compósito;

β = ângulo de inclinação entre a orientação das fibras e o eixo longitudinal das peças.

Para colapso por aderência (configuração em U ou sem ancoragem) $\gamma_f = 1.3$.

Como o valor de ε_{fe} é um valor médio, multiplica-se por um valor $k = 0.8$ para se obter o valor característico.

4.5.3. Proposta de De Lorenzis

Apresenta-se neste sub-item a formulação analítica de reforço proposta por De Lorenzis (2002) para barras de PRFC inseridas no concreto de recobrimento, adaptada para o caso de laminados de PRFC por Dias e Barros (2004).

Segundo De Lorenzis (2002), a contribuição do PRFC para a resistência ao cisalhamento (V_f) de uma determinada seção de concreto armado reforçada ao cisalhamento por meio da inserção de barras de PRFC é condicionada por dois fatores: pela resistência da ligação colada (a contribuição do PRFC para o reforço ao cisalhamento, nestas condições, é designada por V_{1f}) e pela limitação da extensão máxima no PRFC a 4‰ (a contribuição do PRFC para o reforço ao cisalhamento, nestas condições, é designada por V_{2f}). A contribuição do PRFC para o valor do cisalhamento resistente será o menor destas duas parcelas, i.e.

$$V_f = \min (V_{1f}, V_{2f}) \quad (4.32)$$

Para a determinação da grandeza de V_{1f} e V_{2f} e, conseqüentemente, da grandeza de V_f considerar-se-á como altura efetiva da seção reforçada o valor dado por:

$$d_{net} = d_r - 2c \quad (4.33)$$

Em que d_r é a altura real do reforço de PRFC e c é a distância da face da viga até a posição das armaduras longitudinais (Figura 4.25). Para a situação de reforço com barras de PRFC inseridas em entalhes verticais, o valor de d_r coincide com o comprimento real do reforço.

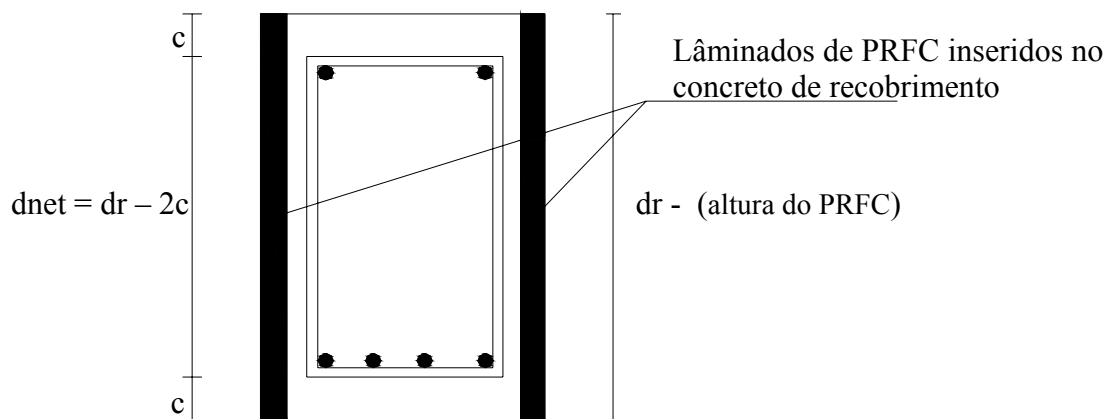


Figura 4.25 – Descrição dos elementos para a determinação da contribuição das barras de PRFC para resistência ao cisalhamento. (DE LORENZIS, 2002)

Para cada elemento de PRFC que foi atravessado pela fissura de cisalhamento, o L_i relativo a esse PRFC é o menor dos dois possíveis comprimentos (Ex: $L_2 = L_{21}$, dado que $L_{21} < L_{22}$). L_{tot} é o somatório dos L_i dos elementos de PRFC atravessados pela fissura de cisalhamento.

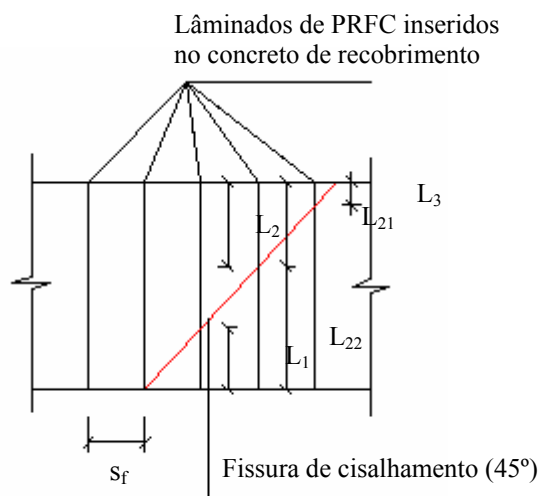


Figura 4.26 – Determinação da contribuição das barras de PRFC para resistência ao esforço cortante. (DE LORENZIS, 2002)

No exemplo da Figura 4.26, $L_{tot} = L_1 + L_2 + L_3$ sendo que, $L_{tot\ min}$ é o menor dos somatórios L_{tot} das possíveis posições da fissura de cisalhamento.

O valor de V_{lf} é dado por:

$$V_{lf} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot L_{tot\ min} \quad \text{para barras} \quad (4.34)$$

$$V_{1f} = 4 \cdot (a + b) \cdot \tau_b \cdot L_{\text{tot min}} \quad \text{para lâminados} \quad (4.35)$$

sendo que a e b são as dimensões do laminado e d_b é o diâmetro nominal da barra de PRFC. Para valor médio da tensão de aderência, τ_b , é proposto 6.9 MPa, enquanto que o somatório dos comprimentos efetivos das barras de PRFC (ver Figura 4.26) que atravessam a fissura de cisalhamento (com inclinação admitida constante e igual a 45°) na posição mais desfavorável, designado por $L_{\text{tot min}}$, é dado por:

Para o caso de barras de PRFC inseridas em entalhes verticais:

$$L_{\text{tot min}} = d_{\text{net}} - s_f \quad \text{se} \quad \frac{d_{\text{net}}}{3} \leq s_f < d_{\text{net}} \quad (4.36)$$

$$L_{\text{tot min}} = 2d_{\text{net}} - 4s_f \quad \text{se} \quad \frac{d_{\text{net}}}{4} \leq s_f < \frac{d_{\text{net}}}{3} \quad (4.37)$$

Para o caso de barras de PRFC inseridas em entalhes inclinados a 45° :

$$L_{\text{tot min}} = (2d_{\text{net}} - s_f) \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{se} \quad \frac{2d_{\text{net}}}{3} \leq s_f < 2d_{\text{net}} \quad (4.38)$$

$$L_{\text{tot min}} = (d_{\text{net}} - s_f) 2\sqrt{2} \quad \text{se} \quad \frac{d_{\text{net}}}{2} \leq s_f < \frac{2d_{\text{net}}}{3} \quad (4.39)$$

Verifica-se assim que o valor de $L_{\text{tot min}}$ é função da altura d_{net} , do espaçamento existente entre os PRFC, s_f , e da orientação que estes apresentam.

Para determinar a grandeza de V_{2f} é necessário, previamente, calcular o valor do comprimento efetivo da barra de PRFC atravessada pela fissura de cisalhamento quando sujeito a uma extensão de 4%. Esse comprimento designa-se por \bar{L}_i , sendo obtido de acordo com o princípio ilustrado na Figura 4.26. O equilíbrio das forças representadas na Figura 4.27 permite concluir que o valor de \bar{L}_i vale:

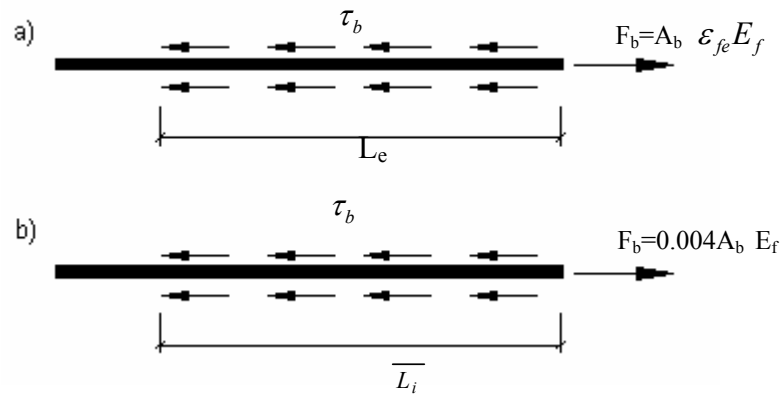


Figura 4.27 - Princípio para a obtenção de L_i (DE LORENZIS, 2002)

- L_e é o comprimento efetivo para uma extensão no PRFC de ε_{fe} e \bar{L}_i é o comprimento efetivo para uma extensão no PRFC de 4‰.

$$\bar{L}_i = 0.001 \frac{d_b \cdot E_f}{\tau_b} \quad \text{para barras} \quad (4.40)$$

$$\bar{L}_i = 0.002 \frac{a \cdot b \cdot E_f}{(a + b) \tau_b} \quad \text{para laminados} \quad (4.41)$$

A grandeza de V_{2f} é dada por:

$$V_{2f} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \sum \frac{L_i}{L_{i \max}} \quad (4.42)$$

em que:

$\sum L_i$ = somatório dos comprimentos efetivos das barras de PRFC que atravessam a fissura de cisalhamento (com inclinação admitida constante e igual a 45°);

$L_{i \max}$ = máximo comprimento efetivo de uma barra atravessada pela fissura de cisalhamento,

valendo $\frac{d_{\text{net}}}{2}$ para o caso de barras inseridas na vertical e $\frac{d_{\text{net}}}{\sqrt{2}}$ para o caso de barras

inseridas em entalhes inclinados a 45°.

A grandeza de V_{2f} , calculada para a fissura de cisalhamento na posição mais desfavorável (que minimiza o valor de V_{2f}), é determinada em função do valor do espaçamento, s_f , entre barras de PRFC:

Para o caso de barras de PRFC inseridas em entalhes verticais tem-se que:

$$V_{2f} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \text{ se } \frac{d_{net}}{2} \leq s_f < d_{net} \text{ para barras} \quad (4.43)$$

$$V_{2f} = 4(a + b) \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \text{ se } \frac{d_{net}}{2} \leq s_f < d_{net} \text{ para laminados} \quad (4.44)$$

$$V_{2f} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \frac{3d_{net} - 4s_f}{d_{net}} \text{ se } \frac{d_{net}}{4} < s_f < \frac{d_{net}}{2} \text{ para barras} \quad (4.45)$$

$$V_{2f} = 4(a + b) \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \frac{3d_{net} - 4s_f}{d_{net}} \text{ se } \frac{d_{net}}{4} < s_f < \frac{d_{net}}{2} \text{ para laminados} \quad (4.46)$$

Para o caso de barras de PRFC inseridas em entalhes inclinados a 45° tem-se que:

$$V_{2f} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \text{ se } d_{net} \leq s_f < 2d_{net} \text{ para barras} \quad (4.47)$$

$$V_{2f} = 4(a + b) \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \text{ se } d_{net} \leq s_f < 2d_{net} \text{ para laminados} \quad (4.48)$$

$$V_{2f} = 2 \cdot \pi \cdot d_b \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \frac{3d_{net} - 2s_f}{d_{net}} \text{ se } \frac{d_{net}}{2} < s_f < d_{net} \text{ para barras} \quad (4.49)$$

$$V_{2f} = 4(a + b) \cdot \tau_b \cdot \bar{L}_i \frac{3d_{net} - 2s_f}{d_{net}} \text{ se } \frac{d_{net}}{2} < s_f < d_{net} \text{ para laminados} \quad (4.50)$$

Segundo De Lorenzis (2002), se

$$L_{i\max} < \bar{L}_i \quad (4.51)$$

ou seja, no caso de se verificarem as condições seguintes:

$$d_{\text{net}} < 2\bar{L}_i \quad \text{para barras inseridas em entalhes verticais} \quad (4.52)$$

Para barras inseridas em entalhes inclinados a 45° , não é necessário calcular V_{2f} , pois V_{1f} é condicionante.

$$d_{\text{net}} < \sqrt{2}\bar{L}_i \quad (4.53)$$

O valor de cálculo da contribuição do PRFC para a resistência ao esforço cortante, V_{fd} é obtido multiplicando-se o valor de V_f por um fator de segurança igual a 0,7.

4.5.4. Proposta de dimensionamento com lâminas de PRFC em forma de L segundo ensaios do EMPA

Do modelo de treliça admitindo-se $\theta = 45^\circ$ para uma lâmina de PRFC em forma de L ilustrada na Figura 4.28, pode-se admitir uma força:

$$V_{wR} = A_L f_L \cdot \frac{z}{S} \quad (4.54)$$

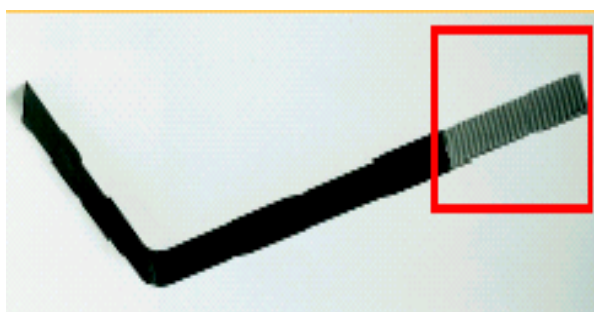


Figura 4.28 - Lâminado de PRFC em forma de L (SIKA, 2003)

Considera-se que a segurança estrutural é assegurada se atendidas as seguintes condições:

$$V_d \leq \frac{V_R}{\gamma_R} \quad (4.55)$$

onde:

V_d = Valor de projeto da força ao cisalhamento (tal como para o concreto armado convencional) (kN)

V_R = Resistência ao cisalhamento da seção (kN)

γ_R = Fator de segurança

A resistência ao esforço cortante de uma seção pode ser calculada aproximadamente usando o modelo de treliça generalizada. A resistência ao esforço cortante da seção pode, no entanto ser calculada a partir da soma da fração do reforço e do concreto.

$$V_R = V_{c,R} + V_{w,R} \quad (4.56)$$

onde:

$V_{c,R}$ = Fração da resistência ao esforço cortante absorvida pelo concreto

$V_{w,R}$ = Fração da resistência ao esforço cortante absorvida pelos estribos

$$V_{c,R} = \tau_{c,R} \cdot b_w \cdot Z \quad (4.57)$$

$V_{c,R}$ - esta parcela deve ser considerada igual a zero segundo a Standard SAI 162,1989.

$$V_{w,R} = A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{Z}{S}\right) \cdot \cot \alpha + A_L \cdot f_L \cdot \left(\frac{Z}{S}\right) \cdot \cot \alpha \quad (4.58)$$

onde:

$V_{w,R}$ = esforço cortante absorvido pelo reforço (kN);

A_s = área da armadura transversal;

A_L = área das lâminas de PRFC em forma de L (mm^2) sendo que $A_L = 2 \cdot b \cdot t$;

α = ângulo suposto entre as fissuras de cisalhamento;

s = espaçamento entre as lâminas;

f_L = tensão na lâmina em L (MPa) - $f_L = E \cdot \varepsilon$;

E = módulo de elasticidade das lâminas = 1200000 MPa;

ε = deformação máxima das fibras = 0,007;

b = largura da lâmina;

t = espessura da lâmina;

z = Braço de alavanca de forças internas (mm) sendo ($z=0,9d$)

Não se encontram dados empíricos disponíveis sobre a interação entre os estribos e as lâminas de PRFC em forma de L, portanto se propõe que toda a resistência ao esforço cortante deveria ser absorvida pelas lâminas de PRFC em forma de L, transformando assim a Equação (4.58) na Equação (4.59).

$$V_{w,R} = A_L \cdot f_L \cdot \left(\frac{z}{s}\right) \cdot \cot \alpha \quad (4.59)$$

Se forças são aplicadas ao invés de esforços de tensão, pode ser utilizada a seguinte equação:

$$V_{w,R} = F_{L,R} \cdot \left(\frac{z}{s}\right) \cdot \cot \alpha \quad (4.60)$$

onde:

$F_{L,R}$ = Força por lâmina de PRFC em forma de L dispostas com espaçamento s (MPa);

z = Braço de alavanca de forças internas – ($z=0,9d$) (mm).

Com bases nos ensaios, inicialmente pode-se admitir na lâmina de PRFC em forma de L uma deformação máxima de 7‰. Com uma lâmina de PRFC em forma de L com uma largura de 40mm, isto dá um valor de 45 kN para $F_{L,R}$. Este valor deverá ser reduzido de forma apropriada se houver uma ancoragem insuficiente das lâminas de PRFC em forma de L na zona de compressão. Um valor de 1,5 pode ser tomado para o fator de segurança γ_R .

As outras análises (colapso das diagonais à compressão do concreto, zonas de aplicação de força, apoios indiretos, etc.) deverão realizar-se da mesma maneira que para o concreto armado convencional.

4.5.4.1. Análise da seção sem reforço

Para prevenir o colapso repentino da estrutura completa, deverá manter-se um fator de segurança superior a 1, caso ocorra o colapso das lâminas PRFC em forma de L.

$$V_d < \frac{V_{R0}}{\gamma_R} \quad (4.61)$$

Onde:

$V_d = V\gamma = 1,0$ (Esforço cortante no nível de serviço, cargas q_r , pode ser considerado igual a segurança estrutural, porém com $\gamma_g = \gamma_Q = \psi = 1,0$)

V_{R0} = Resistência ao esforço cortante da seção sem reforço;

γ_R = Fator de segurança = 1,0.

$$V_{R0} = V_{c,R0} + A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{z}{s}\right) \cdot \cot \alpha \quad (4.62)$$

Onde:

$A_s \geq A_{s,min}$;

$V_{c,R0}$ = Capacidade de carga ao esforço cortante da seção de concreto sem reforço ao esforço cortante

A_s = armadura transversal;

$A_{s,min}$ = armadura transversal mínima.

Deve-se apresentar uma armadura transversal mínima, caso contrário o reforço não se deve realizar sendo que $V_{c,R0}$ pode ser calculado com a Equação (7.68).

$$V_{c,R0} = (\tau_{c,R;EC2} k(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}) b_w d \quad (4.63)$$

Ou de acordo com os códigos normativos do país.

Onde:

$K = 1$ para elementos nos quais mais de 50% do reforço no vão é escalonado, se não:

$$K = 1,6 - d \geq 1;$$

$$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w d};$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_s}{A_c};$$

N_s = Força longitudinal na seção devido à carga ou pré-esforço (compressão positiva);

b_w = Largura da alma;

d = Profundidade estática.

Finalmente deve-se verificar os comprimentos de ancoragem nas lajes e na zona das dobras na face inferior da viga conforme Figura 4.29.

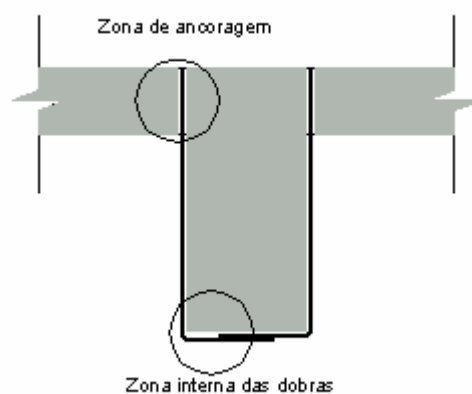


Figura 4.29 - Zona de ancoragem. (EMPA, 1998)

4.5.4.2. Capacidade de serviço

Na condição de serviço deve evitar-se o desprendimento em grande escala da lâmina de PRFC em forma de L na área da alma:

$$V_{ser} \leq V_{c,R0} + F_{L,ser} \cdot \left(\frac{z}{S}\right) \cdot \cot \alpha \quad (4.64)$$

Onde:

$V_{sw_{er}} = V_{sw_{er,kurz}}$ (força ao esforço cortante no nível de serviço, tal como no armadura transversal convencional do concreto)

$V_{c,R0}$ = Capacidade de carga ao esforço cortante de uma seção de concreto sem armadura ao esforço cortante

$F_{L,ser}$ = Força por lâmina PRFC em forma de L no nível de serviço, dispostas a um espaçamento s

Se ocorrer a desigualdade da Equação (7.69), não se formarão grandes fissuras a cortante. Isto também assegura que não ocorrerão grandes desprendimentos de lâminas de PRFC em forma de L do concreto.

Obs. Todas as fórmulas dadas estão relacionadas a estribos colocados verticalmente ($\beta = 90^\circ$).

4.5.5. Reforço adicional para forças axiais

O Boletim Técnico 55 da *British Concrete Society* (2000) sugere que seja acrescentado PRF axial adicional. Baseando-se na analogia de arco, as vigas sujeitas ao esforço cortante sofrem forças de tensão axial adicionais àquelas causadas por flexão. Um reforço axial adicional pode, no entanto, ser requerido no reforço ao cortante. O método padrão consiste em estender simplesmente o reforço de PRF axial a uma distância equivalente a metade da profundidade efetiva mais adiante do ponto no qual se requer mais flexão. Se isto não for possível o FRP adicional A_{fa} deverá ser determinado a partir de:

$$A_{fa} = \frac{V_s}{2f_f} \quad (4.65)$$

Onde:

V_s = força cortante devido às cargas últimas e f_f = deformação no PRF igual à deformação determinada a partir de uma análise de flexão.



Figura 4.30 – Reforço ao cisalhamento com faixa adicional para forças axiais (Monti e Liotta, 2005)

CAPÍTULO 5

PROGRAMA EXPERIMENTAL

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na engenharia os problemas são resolvidos através de duas vias possíveis: a teórica e a experimental. A análise teórica baseia-se na construção de um modelo matemático que simule o sistema real. A análise experimental baseia-se na aquisição de dados através de ensaios realizados na estrutura, do tratamento e análise dos mesmos de modo a calcular diversos parâmetros e na determinação de valores característicos. As análises teóricas e experimentais poderão ser usadas independentemente ou em conjunto, mas muitos problemas requerem a aplicação dos dois métodos. Takeya (2000) considerou que a quantidade relativa de cada um depende da natureza do problema. Os problemas que estão na fronteira do nosso conhecimento requerem muitas vezes estudos experimentais muito longos, uma vez que teorias adequadas ainda não estão disponíveis para resolvê-los. Assim, teoria e experimentação devem ser complementos uma da outra. O pesquisador que assim procede, geralmente, será mais eficaz na solução dos problemas, do que aquele que utiliza exclusivamente um método ignorando o outro.

Reese *et al.* (apud Beber, 2003) destacaram dentre as possíveis razões para a necessidade da condução de uma análise experimental:

- Compreender minuciosamente como e porque uma estrutura responde à determinada solicitação;
- Satisfazer alguma necessidade estabelecida por alguma norma ou regulamento
- Obter dados específicos, como por exemplo, resistência, deformações, deslocamentos, etc.

5.2.DESCRICÕES E JUSTIFICATIVAS

Com o objetivo de estudar a influência do reforço na resistência ao esforço cortante e o comportamento dos diversos sistemas de reforços ao cisalhamento com PRFC, norteando-se na revisão bibliográfica anteriormente citada, será descrito o programa experimental desenvolvido. O trabalho experimental foi executado no laboratório de estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá.

Inicialmente a idéia era utilizar duas cargas simétricas aplicadas nos vãos de cisalhamento num ensaio de quatro pontos. Para isso, foi colocada uma viga metálica com seção I, apoiada em dois pontos, sobre a viga de concreto que seria analisada experimentalmente e aplicou-se uma carga centrada através de um macaco hidráulico conforme ilustra a Figura 5.1.



Figura 5.1 – Ensaio de prova em quatro pontos

Este ensaio de prova detectou problemas de instabilidade e esforços de torção. Também não se poderia saber *a priori* onde ocorreria o colapso produzido pelo esforço cortante, se no extremo esquerdo ou no extremo direito da viga a ser ensaiada. Assim, deveriam ser instrumentadas as duas partes, entretanto, o laboratório do DEC não dispunha de canais suficientes para medição. Baseando-se nos estudos experimentais de López *et al.* (2005), Timoner *et al.* (2005), Pellegrino *et al.* (2006) e Chaallal (2006) optou-se por um ensaio em três pontos com uma carga assimétrica situada a 0,63 metros do apoio esquerdo. Desta forma se assegurava que a viga romperia na seção esquerda e cumprir-se-ia o objetivo principal: estudar o efeito dos reforços ao esforço cortante com uma instrumentação potente

obtendo-se assim dados mais confiáveis (Figura 5.2). No caso de não ocorrer ruptura no extremo menos solicitado, e também não reforçado, após o colapso do extremo em estudo, este trecho poderia ser estudado e forneceria dados para outras futuras conclusões. Como vantagem adicional o ensaio em três pontos exige cargas no macaco hidráulico muito mais baixas que no caso de ensaio simétrico em quatro pontos. Caso o reforço fosse muito potente ter-se-ia ainda uma folga de carga no macaco hidráulico e na célula de carga. O mesmo esquema de ensaio foi utilizado para as diferentes configurações de reforços.

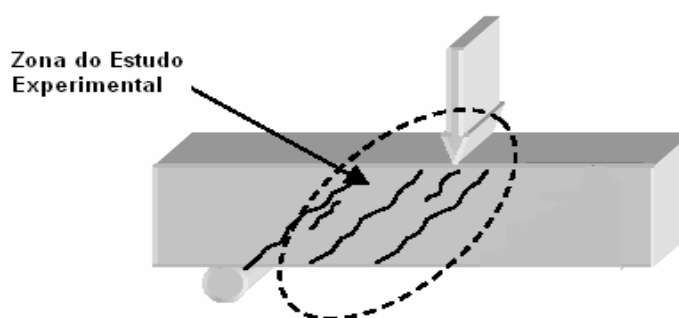


Figura 5.2- Viga experimental sob carga concentrada

O dimensionamento das vigas foi predeterminado através de temas similares estudados na revisão bibliográfica. Optou-se por usar vigas compatíveis com os equipamentos existentes no laboratório, com seção transversal retangular de 12x25 cm e comprimento de 250 cm. A armadura foi calculada baseando-se no seguinte critério: pouca resistência ao esforço cortante e grande resistência à flexão. Assim, foram escolhidas quatro barras de 16 mm como armadura longitudinal e para a armadura transversal fios de 4,2 mm a cada 18 cm. A Figura 5.3 ilustra o detalhamento das vigas ensaiadas.

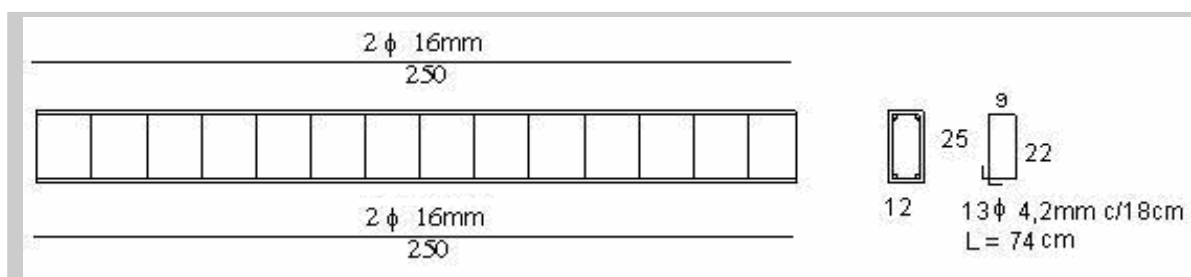


Figura 5.3 - Detalhamento das vigas

Como os diâmetros das barras longitudinais eram elevados, a ancoragem das barras longitudinais foi feita utilizando-se dispositivos mecânicos. Foram utilizadas chapas metálicas com quatro furos onde as barras foram soldadas conforme ilustra a Figura 5.4. Este

procedimento de ancoragem está previsto na norma brasileira NBR 6118 (2003). Os cobrimentos das armaduras são aqueles determinados pela antiga NBR 6118 (1978) permitindo este estudo ser utilizado em estruturas mais antigas que necessitem reforço ou recuperação.



Figura 5.4 – Detalhe das armaduras das vigas com ancoragem mecânica

O número de protótipos, trinta e oito vigas, foi definido em função da confiabilidade desejada, do custo e tempo necessário para realizar os experimentos. Todas as vigas foram construídas com as mesmas características: dimensões, armaduras, resistência à compressão do concreto e vão de cisalhamento, sendo que o único parâmetro que varia é o tipo de reforço. Sabe-se que quanto maior for o número de variáveis a serem observadas, maior é a complexidade do problema e da análise. Assim, optou-se por diminuir o número de variáveis para que o estudo dos sistemas de reforços pudesse ser mais aprofundado e compatível com os objetivos da pesquisa.

Os protótipos foram reunidos em cinco séries com as características que serão descritas a seguir. A primeira série foi constituída por vigas com sistemas de reforços em laminados que foram embutidos na superfície do concreto. Duas técnicas de inserção de laminados foram testadas: na primeira técnica fez-se uma ranhura no concreto de recobrimento da viga e o laminado foi inserido no sentido de sua espessura e, para a segunda técnica, uma pequena faixa no concreto de recobrimento da viga foi aberta para a inserção do laminado no sentido da sua largura. Para a segunda série foram utilizados protótipos reforçados com laminados inseridos e uma faixa adicional de laminado colada na região inferior das faces das vigas. O *Technical Report* nº 55 (2000) sugere esta técnica baseada na analogia do efeito arco, para combater tensões axiais adicionais às de flexão. A terceira série

de vigas continha protótipos com sistemas de reforços com sistemas de laminados retangulares comuns colados nas laterais das vigas na superfície do concreto. Foram testadas duas posições de colagem: na primeira as lâminas eram coladas entre os estribos e na segunda sobre os estribos. Na quarta série foram utilizados laminados em forma de L, utilizando-se a configuração em forma de U com transposição das lâminas inferiores. Estes laminados também foram colados na superfície do concreto das vigas em duas posições: entre e sobre os estribos internos. Na última série de vigas foram analisados sistemas de reforços compostos por tiras de tecido dispostos a 90° e a 45° . A Figura 5.5 ilustra os sistemas de reforços que foram avaliados experimentalmente.

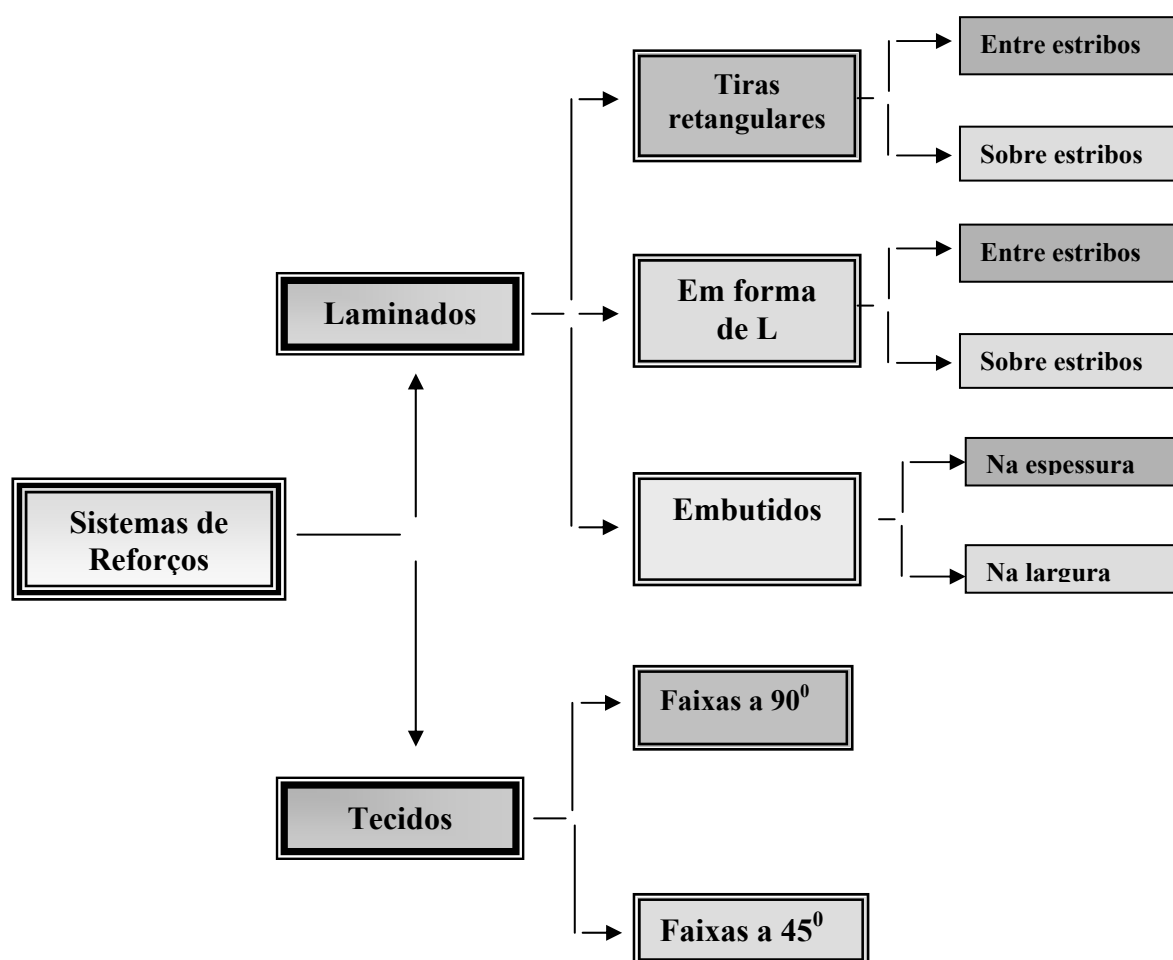

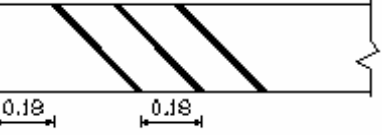

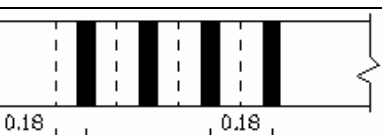



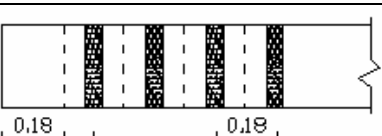
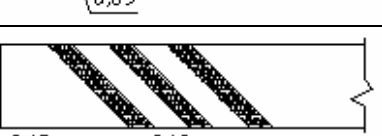


Figura 5.5 – Sistemas de reforços avaliados

As vigas V1, V2, V3 e V4 foram utilizadas para testar o pórtico de reação e os equipamentos. A V5 foi utilizada como referência, sendo que as demais foram reforçadas para serem avaliadas experimentalmente conforme a Tabela 5.1.

Tabela 5.1- Esquemas de reforço das vigas

| Configuração | Tipo | Ângulo | Esquema | Vigas |
|---|-------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
|  | Embutido | 45 ⁰ | Laterais | V6,V7, V10,V27 |
|  | Embutido lateral | 45 ⁰ | Laterais | V8,V9,V11 |
|  | Embutido faixa colaborante | 45 ⁰ | Laterais | V12,V13, V14,V15 |
|  | Laminados entre estribos | 90 ⁰ | Laterais | V16,V18,V22, V26,V30,V35 |
|  | Laminados sobre estribos | 90 ⁰ | Laterais | V24,V25, V17,V23 |
|  | Laminados em L entre estribos | 90 ⁰ | Tipo U | V19,V20, V21,V31 |
|  | Laminados em L sobre estribos | 90 ⁰ | Tipo U | V32,V33 |
|  | Tecido entre estribos | 90 ⁰ | Envolvimento total | V29,V28 V37,V38 |
|  | Tecido 45 ⁰ | 45 ⁰ | Envolvimento total | V34,V38 |

A viga referência foi pré-dimensionada à flexão e o momento último de ruptura foi obtido através do diagrama momento-curvatura conforme Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Dimensionamento preliminar à flexão

| Viga | f_c (Mpa) | $A_{S,efl}$ (cm ²) | M_u (kNm) | $P_{u,flex}$ (kN) |
|-------------------|-------------|--------------------------------|-------------|-------------------|
| V _{tipo} | 30,0 | 7,92 | 37,84 | 84 |

Para uma verificação preliminar ao cisalhamento foram utilizadas várias prescrições normativas (sem a utilização de coeficientes de segurança) conforme mostra a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Verificação preliminar ao cisalhamento

| Critério | V_c (kN) | V_{sw} (kN) | V_u (kN) | P_u (kN) |
|--------------------------|------------|---------------|------------|------------|
| Modelo 1 NBR-6118 (2003) | 33,14 | 1,05 | 34,01 | 47,48 |
| Eurocode 2 (1992) | 32,62 | 1,05 | 33,68 | 47,01 |
| Zsutty (1968) | 42,59 | 1,16 | 43,76 | 61,09 |
| ACI 318 M (1997) | 24,87 | 1,16 | 26,03 | 36,34 |
| Fib (1999) | 36,05 | 1,05 | 37,10 | 51,79 |

5.3.PREPARO DOS PROTÓTIPOS

5.3.1. Fôrmas

Para a moldagem das vigas foram utilizadas fôrmas de madeira, reforços também em madeira e compensado para o fundo. Toda madeira utilizada foi lixada manual e mecanicamente. Para facilitar a desforma das vigas foram aplicadas duas demãos de desmoldante e protetor de fôrmas.

5.3.2. Concreto

Para as vigas foi utilizado concreto dosado em central sendo que as características fornecidas pelo fabricante estão descritas na Tabela 5.4.

Tabela 5.4- Características do concreto dosado em central

| Dados Fornecidos | |
|-------------------------|--|
| Data | 16/05/2005 |
| Produto | Bombeável |
| Especificações | fck- 30MPa |
| Tipo de concreto | Convencional/uso geral/traços de linha |
| Abatimento | 8 cm (± 1) |
| Tipo de cimento | CPV-ARI-RS |
| Aditivos | 394 N-polifuncional |
| Brita | Brita 1 |
| Areia | Areia Natural Média – CI |
| Água | Água da rede de abastecimento |

O concreto foi lançado do caminhão betoneira em carrinhos conforme ilustra a Figura 5.6 e transportado até as fôrmas onde foi devidamente depositado em camadas através de pás. O adensamento foi feito através de vibrador de imersão. Em seguida foram feitos o nivelamento e o desempenamento para uniformizar a superfície das faces superiores das vigas.



Figura 5.6 – Concreto usinado

No ato do recebimento do concreto foram medidas a temperatura ambiente, 28° , e a consistência do concreto através do ensaio de abatimento de tronco de cone. O valor do abatimento obtido foi 10 cm conforme Figura 5.7.

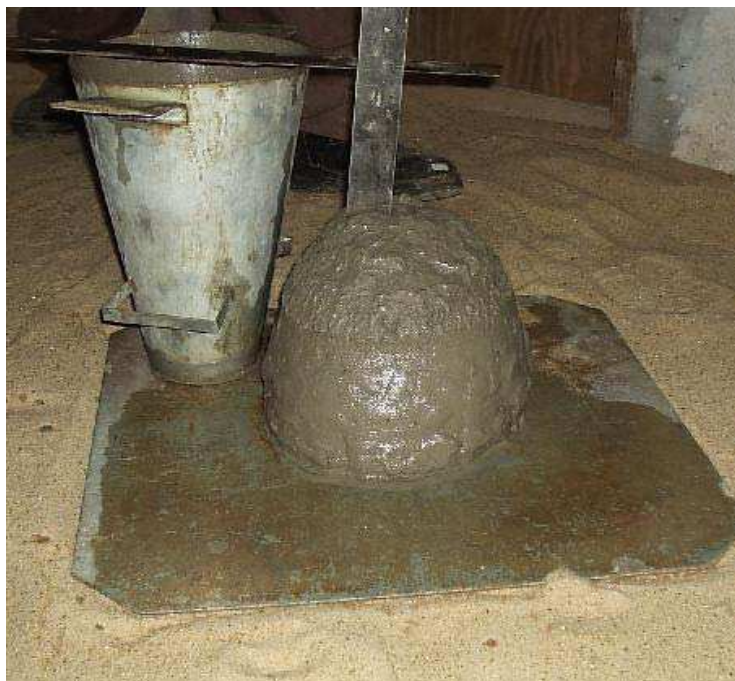


Figura 5.7 - Ensaio de tronco de cone

5.3.2.1. *Moldagem dos corpos de prova*

A avaliação da resistência à compressão do concreto endurecido foi feita experimentalmente através de 30 corpos de prova com 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura.

A Figura 5.8 ilustra a moldagem dos corpos de prova para controle tecnológico do concreto endurecido através do rompimento destes para a determinação e avaliação da resistência à compressão uniaxial do concreto aos 3, 7, 14 e 28 dias e ainda em algumas datas próximas das realizações dos ensaios.



Figura 5.8 – Moldagem dos corpos de provas

Os ensaios para a caracterização do concreto foram realizados em uma máquina universal de ensaios MUE-100 fabricada em 1981 com capacidade para 100 tf conforme ilustra a Figura 5.9.



Figura 5.9- Ensaio à compressão uniaxial em um corpo de prova

Na Tabela 5.5 apresentam-se os resultados dos ensaios à compressão uniaxial efetuados para a caracterização do concreto endurecido.

Tabela 5.5- Controle tecnológico do concreto

| Idade | Corpo de prova | f_c | Desvio Padrão | fck | $f'c$ |
|--------------------|----------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 19/maio 3 dias | 1 | 17,6 | | | |
| | 2 | 18,5 | | | |
| | 3 | 17,6 | | | |
| | f_{cm} | 17,9 | 0,52 | | |
| 23/maio 7 dias | 2 | 24,6 | | | |
| | 2 | 23,46 | | | |
| | 3 | 23,46 | | | |
| | f_{cm} | 23,84 | 0,66 | | |
| 30/maio 14 dias | 1 | 31,3 | | | |
| | 2 | 31,0 | | | |
| | 3 | 30,5 | | | |
| | f_{cm} | 30,93 | 0,40 | | |
| 13/jun 28 dias | 1 | 33,1 | | | |
| | 2 | 32,7 | | | |
| | 3 | 32,7 | | | |
| | 4 | 31,5 | | | |
| | 5 | 32,0 | | | |
| | 6 | 31,7 | | | |
| | f_{cm} | 32,28 | 0,64 | 31,20 | 28,28 |
| 30 dias | f_{cm} | 32,33 | 0,43 | | |
| 45 dias | f_{cm} | 32,83 | 0,62 | | |
| 60 dias | f_{cm} | 34,14 | 0,54 | | |
| 90 dias | f_{cm} | 34,70 | 0,41 | | |

5.3.2.2 Cura

Optou-se pela cura por meio do borrifamento de água durante sete dias. A Figura 5.10 exhibe as vigas que foram mantidas nas formas até próximo da data da execução do primeiro ensaio. Após a desmoldagem observou-se que o concreto apresentava ótima aparência com textura uniforme e sem ocorrência de fissuras superficiais de retração visíveis.



Figura 5.10- Vigas nas formas

5.3.3. Aço

As barras das armaduras longitudinais e transversais utilizadas na construção das vigas foram ensaiadas à tração para a determinação de suas tensões de escoamento e ruptura. Foram ensaiadas duas amostras de cada tipo e diâmetro de aço utilizado. A Tabela 5.6 apresenta as propriedades das armaduras supracitadas.

Tabela 5.6 - Características dos aços das armaduras

| Aço | Amostra | Diâmetro (mm) | Tensão de escoamento (MPa) | Tensão de ruptura (MPa) |
|-------|---------|---------------|----------------------------|-------------------------|
| CA-60 | 1 | 4,2 | | 790,96 |
| CA-60 | 2 | 4,2 | | 805,61 |
| CA-50 | 1 | 16,0 | 591,74 | 730,97 |
| CA-50 | 2 | 16,0 | 606,66 | 740,95 |

Dez vigas foram providas de “extensômetros” em dois estribos, com proteção especial para não serem danificados durante a concretagem, para futuras análises conforme mostram as Figuras 5.11 e 5.12.



Figura 5.11 – Detalhe das armaduras



Figura 5.12 - Detalhe dos estribos com sensores

5.4. SISTEMAS DE REFORÇOS

5.4.1. Características

Os materiais que constituíram os sistemas de PRFC possuíam as características descritas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Características dos constituintes dos sistemas de PRFC segundo o fabricante (Sika®)

| SISTEMAS DE PRFC | | PRINCIPAIS PROPRIEDADES | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| Tipo | Materials | Resistência à tração (MPa) | Módulo de Elasticidade (GPa) | Deformação unit. Ruptura (%) | Espessura (mm) |
| Sika® CarboDur- S512 | laminado | 2800 | 165 | 1,7 | 1,2 |
| Sikadur -30 | adesivo | - | 10 | - | - |
| Sika® CarboShear L 4/20/50 | laminado | 2250 | 120 | 1,7 | 1,4 |
| SikaWrap- 230 C | tecido unidirecional- (0°) | 3450 | 234 | 1,5 | 0,12 |
| Sikadur-330 | adesivo | - | 45 | - | - |

5.4.2. Técnicas de Aplicação dos Reforços

5.4.2.1. Sistemas Pré-fabricados – Laminados

A aplicação do sistema pré-fabricado envolveu as seguintes tarefas:

1. Para as vigas onde os laminados foram colados na superfície do concreto foi necessária a utilização de um detector de metais para localizar os estribos como mostra a Figura 5.13 e assim colar adequadamente o reforço no concreto entre e sobre aonde se localizavam os estribos.



Figura 5.13 – Localização dos estribos

2. Abertura de faixas no recobrimento do concreto em três faces das vigas através de um esmeril, com cerca de 50mm de largura e 15mm de profundidade (Figura 5.14);



Figura 5.14 – Abertura de faixas no concreto de recobrimento

3. Aplicação de jatos de ar para eliminar as impurezas;

4. Mistura dos componentes da resina utilizando-se de balança de precisão (Figura 5.15);



Figura 5.15 – Mistura da resina

5. Aplicação do adesivo nas faixas e nos laminados;
6. Colagem dos laminados nas faixas abertas no concreto (Figura 5.16).



Figura 5.16 – Colagem dos laminados

5.4.2.2. *Sistemas Pré-fabricados – Embutidos*

O sistema pré-fabricado inserido em ranhuras efetuadas no concreto de recobrimento das faces laterais das vigas envolveu as seguintes tarefas:

1. Abertura das ranhuras no concreto de recobrimento em duas faces das vigas, com cerca de 5mm de largura e 15mm de profundidade (Figura 5.17);



Figura 5.17 – Abertura de ranhuras no concreto de recobrimento

2. Limpeza das ranhuras com aplicação de ar comprimido;
3. Corte dos laminados com esmeril (Figura 5.18);



Figura 5.18- Corte dos laminados

4. Limpeza dos laminados com acetona industrial;
5. Aplicação do adesivo nas ranhuras e nos laminados;
6. Inserção dos laminados nas ranhuras e retirada do excesso de adesivo com uma espátula (Figura 5.19).



Figura 5.19 – Aplicação do adesivo e inserção dos laminados

5.4.2.3. *Laminados embutidos no sentido da largura da lâmina*

Em algumas vigas os laminados foram inseridos no sentido de sua largura. Pensou-se nesta configuração de colagem ilustrada na Figura 5.20 como uma alternativa para vigas que não possuem pelo menos 1,5 cm de recobrimento.



Figura 5.20- Sistema de reforço embutido no sentido da largura da lâmina

5.4.2.4. *Laminados embutidos com reforço a esforços axiais*

Foram analisados também protótipos que continham laminados embutidos e uma lâmina colada na parte inferior das faces das vigas conforme Figura 5.21.



Figura 5.21 – Sistema de reforço embutido com lâmina adicional

5.4.2.5. *Sistemas curados in situ – Tecidos*

A aplicação do sistema curado *in situ* envolveu as seguintes tarefas:

1. Preparação da superfície através de um esmeril e abertura de faixas com cerca de 50 mm de largura nas quatro faces das vigas;
2. Aplicação de jatos de ar para eliminar as impurezas;
3. Aplicação de uma camada de primário para melhorar a aderência concreto-PRFC;
4. Colagem do tecido recorrendo a uma resina epoxilica.

Algumas tarefas executadas no preparo do reforço com tecido estão ilustradas na Figura 5.22.



Figura 5.22 - Preparo do reforço da viga curada *in situ*”

5.4.3. Dimensionamento Preliminar dos Reforços

A Tabela 5.8 apresenta o dimensionamento preliminar dos sistemas de reforços que foram utilizados. Os valores de $V_c+V_{sw_w}$ foram obtidos através do modelo I prescrito pela norma brasileira NBR-6118 (2003) e os de V_f segundo as prescrições do *bulletin 14* da fib (2001). Os valores de V_f referentes aos laminados embutidos foram obtidos através da proposição de De Lorenzis (2002) com as adaptações feitas por Dias (2004).

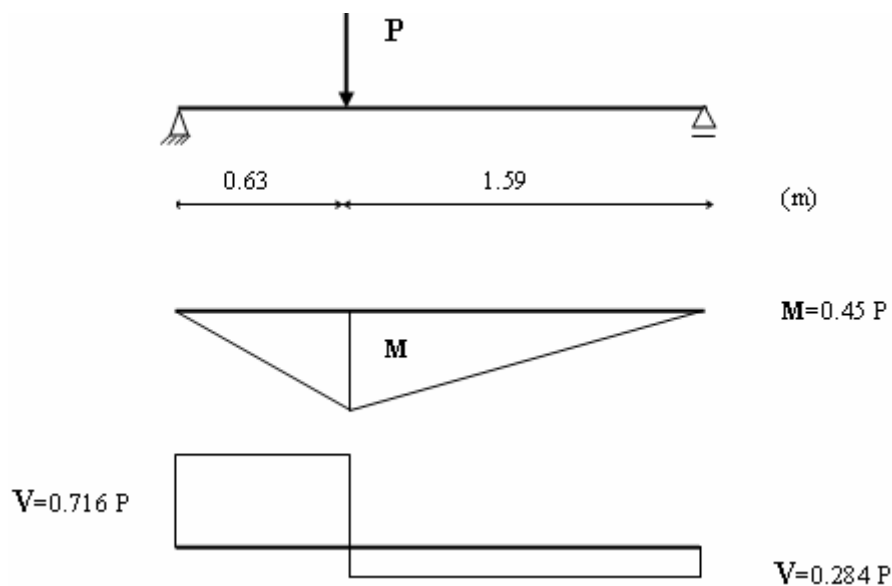
Tabela 5.8 – Verificação Preliminar dos Reforços

| Viga | Reforço | $V_c+V_{sw_w}$ (kN) | V_f (kN) | $V_u=V_{sw}+V_{sw_w}+V_f$ (kN) | P_u (kN) | Incremento (%) |
|--------------------|----------------------------|------------------------|------------|-----------------------------------|------------|-------------------|
| VR | | 34,01 | - | 34,01 | 47,48 | - |
| $V_{reforçada\ 1}$ | Sika® CarboDur – em tiras | 34,1 | 22,02 | 56,03 | 78,23 | 64,75 |
| $V_{reforçada\ 2}$ | Sika® CarboShear L | 34,01 | 18,57 | 52,58 | 73,41 | 54,60 |
| $V_{reforçada\ 3}$ | Sika® CarboDur - embutidos | 34,01 | 21,3 | 55,31 | 77,23 | 62,63 |
| $V_{reforçada\ 4}$ | SikaWrap 230 a 90^0 | 34,01 | 14,0 | 48,01 | 67,03 | 41,16 |
| $V_{reforçada\ 5}$ | SikaWrap 230 a 45^0 | 34,01 | 20,0 | 54,01 | 75,41 | 58,80 |

5.5. ANÁLISE EXPERIMENTAL

5.5.1. Tipo de ensaio

A metodologia de ensaio, adotada nesta tese, foi descrita e justificada no item 5.2 deste capítulo. A Figura 5.23 mostra o esquema de ensaio assimétrico em três pontos.



5.23 – Esquema de ensaio

A Figura 5.24 mostra o detalhamento das vigas com o posicionamento da carga concentrada, dos apoios e das lâminas de reforço.

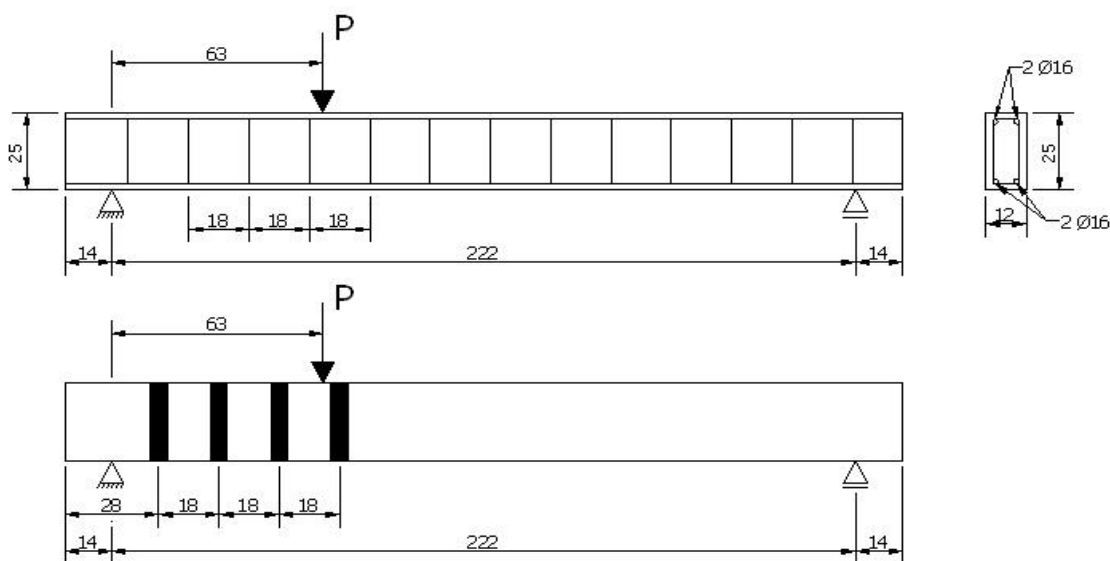


Figura 5.24 – Detalhamento das vigas para ensaio

5.5.2. Descrição dos Ensaio

As vigas foram colocadas sob o pórtico de reação do laboratório de estruturas do DEC-UEM, posicionadas sobre dois aparelhos de apoio, sendo um do primeiro e outro do segundo gênero. Em seguida uma pintura de cal era aplicada nas vigas para facilitar a visualização das fissuras. Na seqüência, era feita a conexão dos fios da célula de carga, dos extensômetros e do transdutor potenciométrico de deslocamentos ao sistema de aquisição de dados.

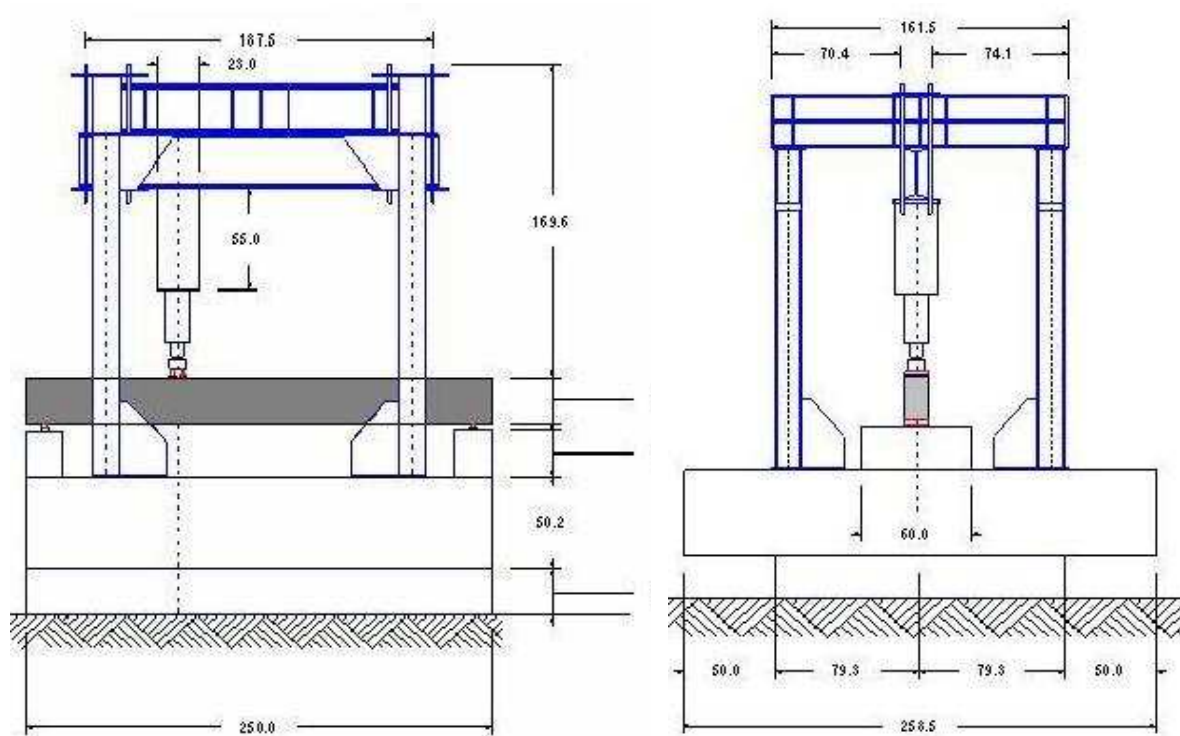


Figura 5.25 – Vistas frontal e lateral da montagem do sistema de ensaio

5.5.3. Sistema de ensaio

A análise experimental foi feita utilizando-se o sistema geral de medidas ilustrado na Figura 5.26. O sistema de ensaio experimental proposto era constituído por macaco hidráulico manual, célula de carga, transdutor de deslocamento potenciométrico e três tipos de extensômetros da marca KYOWA que foram estrategicamente localizados nos estribos, no concreto e nos reforços de PRFC, através de $\frac{1}{2}$ ponte de Wheatstone. Conforme mostra a Figura 5.27 estes instrumentos estavam ligados em um sistema de aquisição de dados da

marca Solartron, sendo que os valores das medidas indiretas foram obtidos e armazenados em um computador, através do programa IMPVIEW.

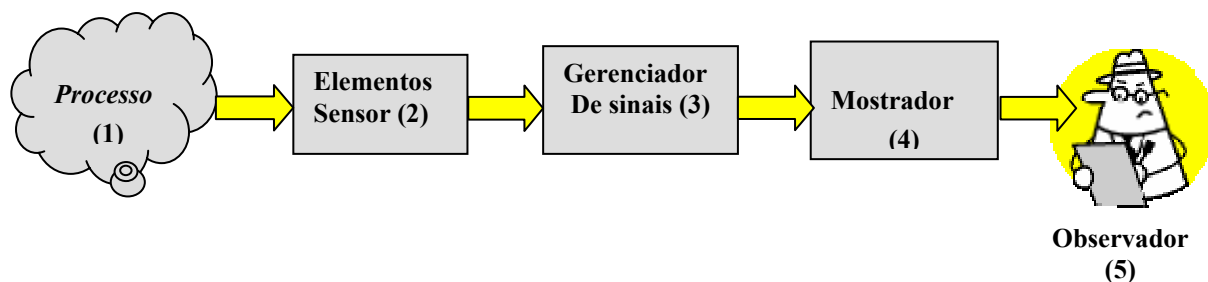


Figura 5.26 - Subdivisão do sistema de geral de medidas



Figura 5.27- Sistema de ensaio

5.5.3.1. Aplicação e Avaliação de Carga

A carga foi aplicada manualmente através de um macaco hidráulico com capacidade de 1000 kN. Os valores das cargas aplicadas foram obtidos através de uma célula de carga com capacidade máxima de 200 kN posicionada sob o êmbolo do macaco hidráulico.

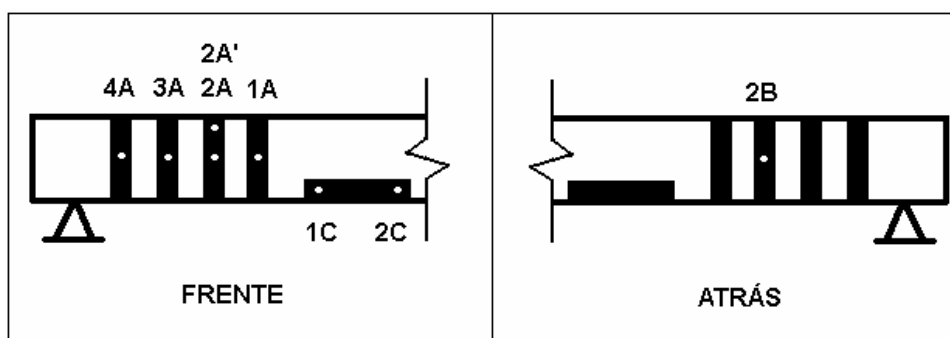
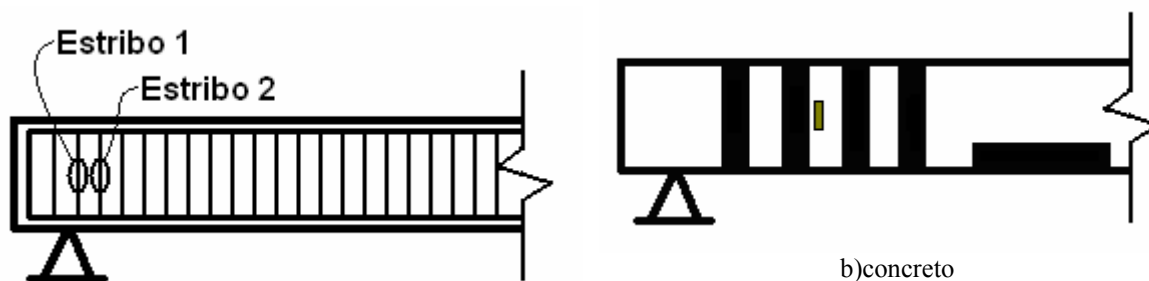
5.5.3.2. Avaliação da Flecha

O deslocamento vertical abaixo da carga concentrada aplicada foi determinado por um transdutor de deslocamento potenciométrico com curso de 100 mm.

5.5.3.3. Avaliação das Deformações

Para que os objetivos desta pesquisa fossem satisfatoriamente atingidos, especial atenção à extensometria tornou-se necessária. Para avaliação das deformações nos estribos, em dez do total de vigas ensaiadas, foram colocados extensômetros (KFG-2-120-C1-11) protegidos com massa para calafetar e fita isolante. Nas vigas reforçadas foi utilizado somente um extensômetro do tipo (KC-70-120-A1-11), posicionado no concreto entre as lâminas de reforço, disposto a 45°. Sobre as lâminas e tecido de fibra de carbono foram colados extensômetros do tipo (KFRP-5-120-C1-1). O posicionamento dos extensômetros é mostrado na Figura 5.28.

a)estribos



c)lâminas de PRFC

Figura 5.28 – Posicionamento dos extensômetros a) nos estribos b) no concreto e c) nas lâminas de PRFC

Para efeito de comparação do desempenho dos diversos sistemas de reforços ao cisalhamento, verificou-se que seria de grande valia a magnitude e a orientação das deformações principais no vão de cisalhamento. Por esta razão, em uma das faces da viga de referência optou-se pela combinação de três extensômetros (KC-70-120-A1-11) em forma de roseta ilustrada nas Figuras 5.29 e 5.30, posicionados no vão de cisalhamento.

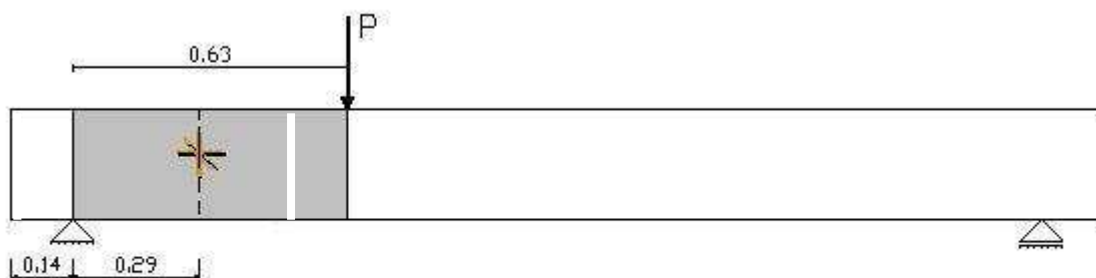


Figura 5.29- Esquema de posicionamento da roseta



Figura 5.30- Detalhe da roseta

5.5.3.4. *Compensadores de Temperatura*

Com a intenção de se obter resultados mais “fiéis”, foram utilizados compensadores de temperatura. Segundo Takeya (2000), a variação de temperatura pode provocar a variação de deformação indicada pelo extensômetro, pois sendo diferentes os coeficientes de dilatação térmica do extensômetro e do material onde ele será fixado, a diferença de deformação entre o extensômetro e o material produz no extensômetro uma solicitação e, portanto uma deformação; além disso, a variação de temperatura também causa a variação da resistência

elétrica do extensômetro, e, portanto a alteração da deformação indicada. Para tanto é necessário fazer a correção da deformação indicada pelo extensômetro, eliminando a parcela correspondente à variação de temperatura. Uma das maneiras para obter essa correção é a utilização do extensômetro autocompensado para temperatura, adequado para o material. O princípio de funcionamento do extensômetro autocompensado para temperatura é o seguinte: o material (liga metálica) utilizado na grade do extensômetro tem o coeficiente de dilatação térmica α , adequado de tal modo que a combinação com o coeficiente β do material onde esse extensômetro vai ser fixado torna nulo o efeito causado pela variação de temperatura.

Foram confeccionados compensadores de temperatura para os extensômetros que atuaram no aço, no PRFC (Figura 5.31) e no concreto (Figura 5.32).



Figura 5.31 – Compensadores de temperatura para aço e PRFC

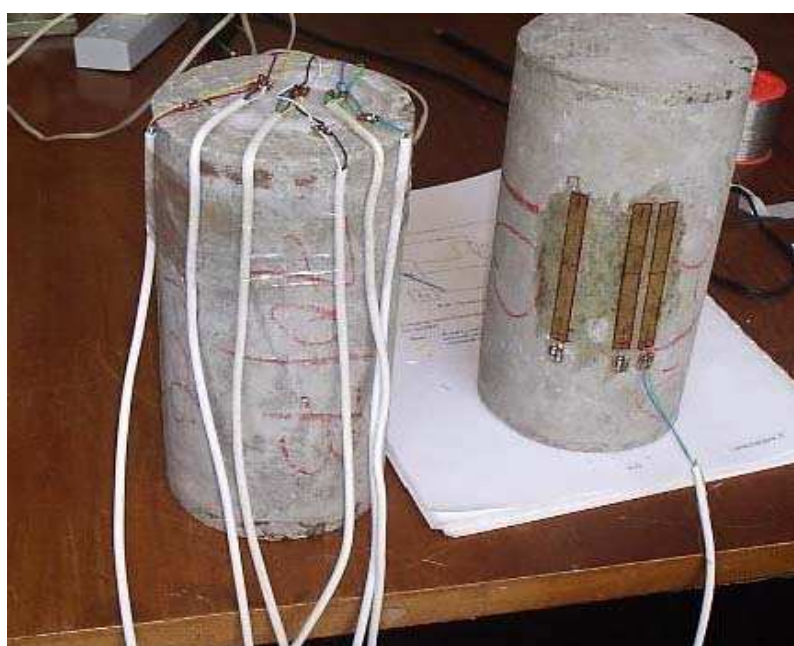


Figura 5.32 – Compensadores de temperatura para concreto

A Figura 5.33 ilustra como foram utilizados os compensadores de temperatura nos ensaios realizados em todos os protótipos.



Figura 5.33 – Utilização de compensadores de temperatura em ensaio

5.5.4. Ensaios

Este capítulo expôs a metodologia experimental utilizada neste estudo. As figuras 5.34 e 5.35 mostram o início e o final de um dos ensaios realizados. No próximo capítulo serão mostrados, avaliados e analisados os resultados obtidos em todo programa experimental.



Figura 5.34 – Viga a ser ensaiada



Figura 5.35 – Viga ensaiada

CAPÍTULO 6

RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

6.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo os resultados obtidos nos ensaios são apresentados e interpretados. O programa experimental resultou numa elevada quantidade de informações que necessitaram de tratamento computacional para que as grandezas obtidas diretamente nos ensaios ou através de expressões algébricas pudessem ser organizadas e apresentadas em forma de gráficos e tabelas. As análises dos resultados estão fundamentadas em informações obtidas na revisão de literatura. Na seqüência, são apresentadas discussões e avaliações sobre o comportamento das vigas de concreto armado que foram reforçadas ao cisalhamento com materiais compósitos de fibras de carbono neste trabalho.

A utilização de materiais compósitos de *PRFC* no reforço estrutural de vigas de concreto armado pode alterar drasticamente seu comportamento estrutural como, por exemplo, o modo de colapso. A ruptura frágil característica do colapso por cisalhamento pode ser substituída por ruptura dúctil característica do colapso por flexão. As principais implicações estruturais decorrentes da aplicação de diferentes sistemas e configurações de reforço ao cisalhamento são apresentadas e discutidas com o objetivo de identificar as peculiaridades inerentes a cada uma delas.

6.2. AVALIAÇÃO DAS CARGAS, DESLOCAMENTOS E MODOS DE RUPTURA

Os resultados experimentais são apresentados através de tabelas e gráficos divididos em cinco séries que possuem o mesmo sistema de reforço. Para cada série são apresentados: a carga máxima de ruptura, valores do deslocamento no ponto de aplicação da carga concentrada, os incrementos de carga e de deslocamento em relação à viga referência, se ocorreu ou não o descolamento do reforço e ainda o modo como se romperam.

6.2.1. Viga Referência

A viga referência, conforme ilustram as figuras 6.1 e 6.2, sofreu uma ruptura brusca, típica que ocorre em peças sub-armadas transversalmente. Após o desenvolvimento de pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ocorreu a abertura excessiva de uma fissura de cisalhamento no vão de cisalhamento. Aos 66,50 kN a armadura transversal atingiu o escoamento. O colapso ocorreu aos 77,71 kN e o deslocamento obtido sob a carga aplicada foi de 1,11 cm.



Figura 6.1 – Ruptura da Viga Referência (frente).

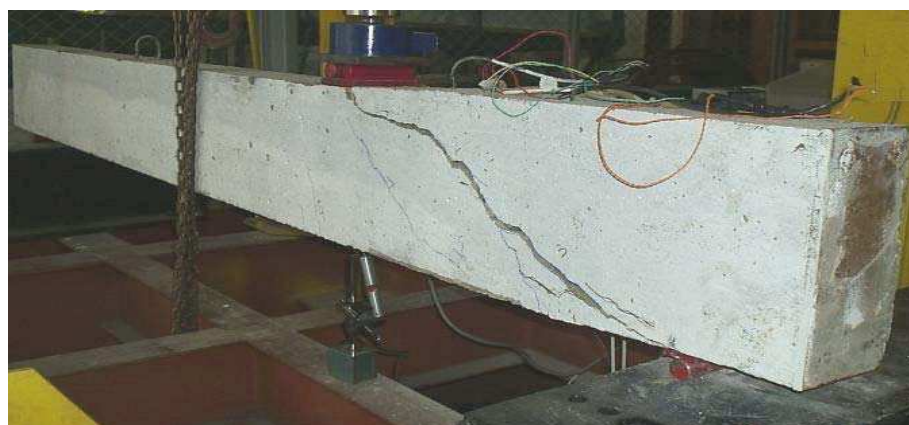


Figura 6.2 - Ruptura da Viga Referência (atrás).

6.2.2. Vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto

As vigas que foram reforçadas com o laminado embutido no sentido da espessura da lâmina tiveram excelente desempenho em termos de incremento de carga e aumento de ductilidade. Todas as vigas ensaiadas apresentaram desempenho semelhante não havendo descolamento de nenhuma lâmina e os colapsos ocorreram por flexão. Em termos de ductilidade, neste programa experimental o sistema que utilizou os laminados embutidos no sentido da espessura da lâmina de reforço atingiu 538,74% de acréscimo em relação à viga testemunho.

As vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto de recobrimento no sentido da largura do laminado não tiveram desempenho semelhante. O incremento de carga foi menor e a ductilidade teve um incremento menor com acréscimo máximo de 229,73%. Pode-se destacar que somente uma das vigas rompeu por cisalhamento e a ruptura por flexão foi dominante cumprindo assim, um dos objetivos do reforço ao cisalhamento que é evitar a ruptura frágil. Os dados obtidos na análise experimental desta série de vigas reforçadas estão expostos na Tabela 6.1. e as Figuras 6.3 a 6.7 mostram o panorama de fissuração das vigas após o ensaio.

Tabela 6.1 – Resultados dos PRFCs inseridos no concreto.

| Viga | Tipo de reforço | Quantidade de reforço (cm ³) | Carga ruptura (kN) | Incremento carga (%) | Deslocamento (cm) | Incremento deslocamento (%) | Modo de ruptura | Descolamento do reforço |
|------|--------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|
| VR | | | 77,71 | | 1,11 | | Cisalhamento | |
| V6 | Embutido espessura | 38,18 | 126,86 | 64,92 | 6,65 | 499,09 | Flexão | Não |
| V7 | Embutido espessura | 38,18 | 118,10 | 51,41 | 6,11 | 450,45 | Flexão | Não |
| V10 | Embutido espessura | 38,18 | 118,86 | 52,0 | 7,09 | 538,74 | Flexão | Não |
| V27 | Embutido espessura | 38,18 | 117,3 | 50,34 | 5,63 | 407,21 | Flexão | Não |
| V8 | Embutido lateral | 38,18 | 111,00 | 42,3 | 3,38 | 204,50 | Flexão | Não |
| V9 | Embutido lateral | 38,18 | 93,40 | 19,7 | 1,24 | 11,71 | Cisalhamento | Simo |
| V11 | Embutido lateral | 38,18 | 118,17 | 51,5 | 3,66 | 229,73 | Flexão | Não |

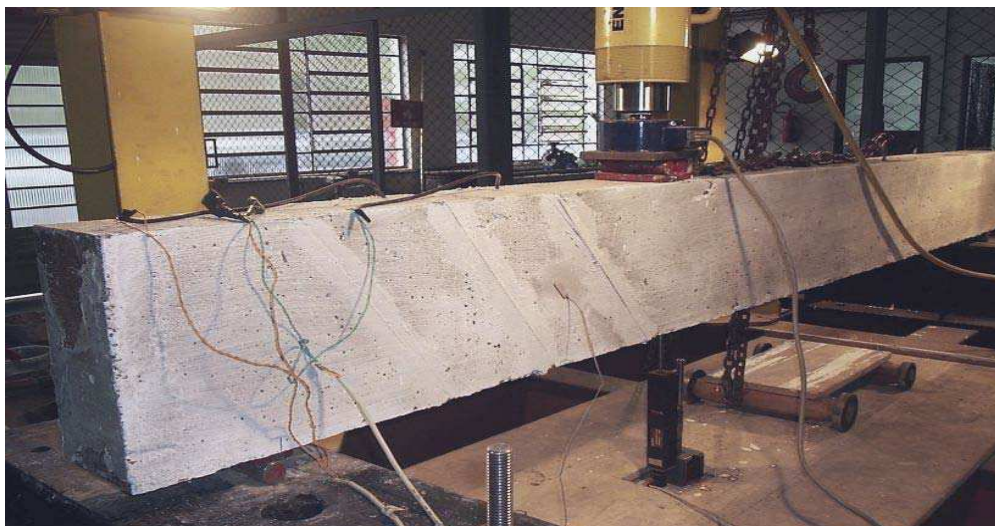


Figura 6.3 – Viga 27 antes do ensaio.

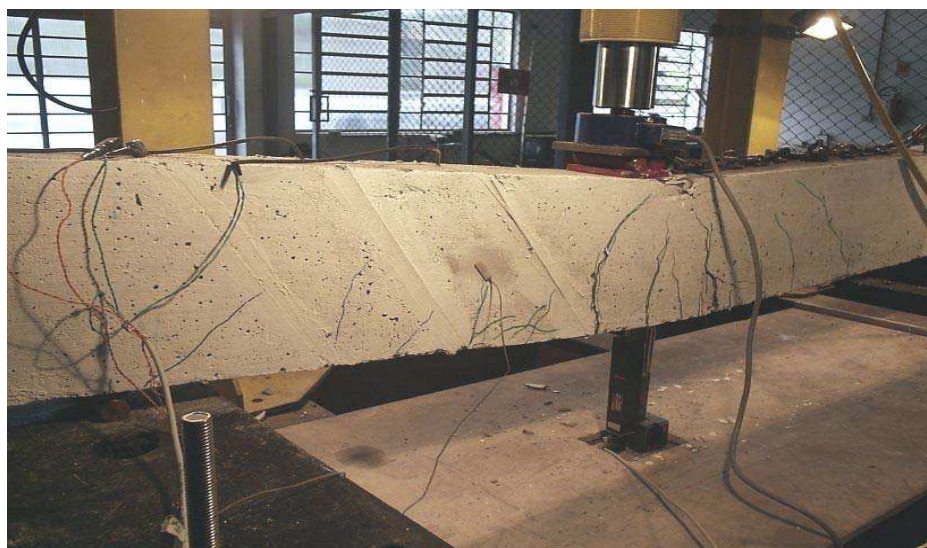


Figura 6.4 – Viga 27 após o ensaio.



Figura 6.5 – Viga 11 após o ensaio.



Figura 6.6- Viga 9 após o ensaio



Figura 6.7- Viga 8 após o ensaio

6.2.3. Vigas reforçadas com laminados embutidos com faixa adicional

O sistema de reforço composto por laminados embutidos na largura e uma faixa adicional, recomendado pelo Boletim Técnico 55 da *British Concrete Society* (2000), apresentou descolamento da faixa adicional, problema citado por Monti e Liotta (2005) e ainda, compressão excessiva na parte superior da viga e tração excessiva na parte inferior ocorrendo a ruptura de estribos (figuras 6.8 e 6.9). Apesar das vigas apresentarem um razoável aumento de carga, o incremento de deslocamento foi baixo e os rompimentos ocorreram na maioria das vigas por cisalhamento. Provavelmente, o trecho fora da faixa induziu o aumento de tensões que provocaram os rompimentos. Durante os ensaios, ocorreu na viga V12 descolamento da primeira lâmina próxima à carga aplicada. Na viga V13, quando esta atingiu 103,57 kN, a faixa adicional descolou-se e em seguida soltaram-se a primeira e segunda lâmina, rompendo o concreto e um estribo. A viga V14 rompeu-se por flexão, mas ocorreu desprendimento da faixa adicional e a viga V15 apresentou o mesmo tipo de rompimento da viga V13.

Tabela 6.2 – Resultados dos PRFCs embutidos com faixa adicional.

| Viga | Tipo de reforço | Quantidade de reforço (cm ³) | Carga ruptura (kN) | Incremento Carga (%) | Deslocamento (cm) | Incremento deslocamento (%) | Modo de ruptura | Descolamento Reforço |
|------|--------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| VR | | | 77,71 | | 1,11 | | Cisalhamento | |
| V12 | Embutido com faixa | 56,18 | 93,83 | 20,3 | 1,2 | 8,11 | Cisalhamento | sim |
| V13 | Embutido com faixa | 56,18 | 118,25 | 51,6 | 2,61 | 135,14 | Cisalhamento | sim |
| V14 | Embutido com faixa | 56,18 | 107,75 | 37,9 | 1,9 | 71,17 | Flexão | sim |
| V15 | Embutido com faixa | 56,18 | 89,94 | 15,3 | 1,02 | 0,00 | Cisalhamento | sim |



Figura 6.8 – Viga 12 após o ensaio.

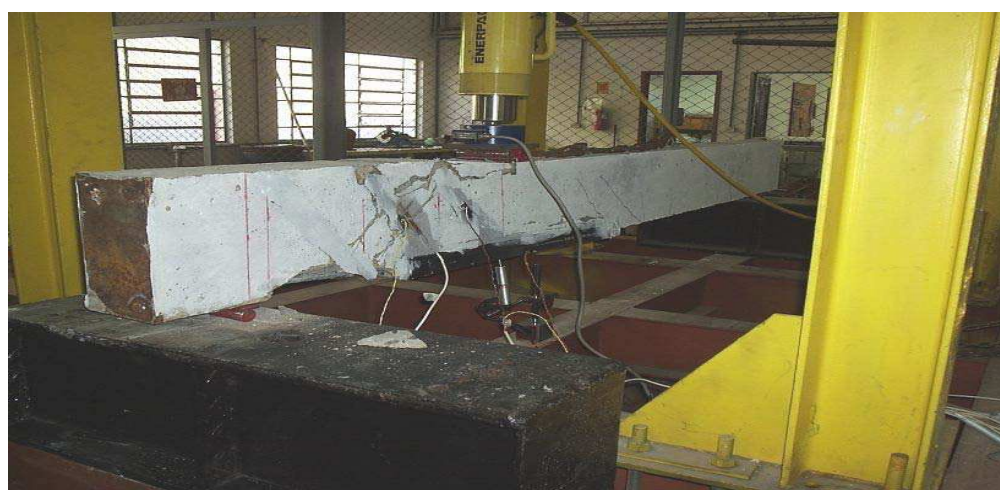


Figura 6.9 – Viga 13 após o ensaio.

6.2.4. Vigas reforçadas com laminados colados nas laterais

As vigas do grupo que utilizou como sistema de reforço laminados colados nas faces das vigas apresentaram comportamento irregular por apresentar somente uma opção de ancoragem. Assim, o modo de ruptura fica condicionado ao local onde a fissura crítica cruza a lâmina. Caso isto ocorra em uma região não ancorada ocorrerá a ruptura frágil. Assim, as vigas V16,V17,V18,V23,V24,V25,V26 e V30 tiveram um modo de ruptura frágil ocasionado pelo descolamento de faixas de laminado no vão de cisalhamento com as cargas ainda baixas, em torno de 50kN. Este fato ocasionou a abertura excessiva de uma fissura de cisalhamento e a formação de pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ao longo da viga, ocorrendo também o rompimento da armadura transversal. As demais vigas apresentaram ruptura dúctil, pois se romperam por fissuras de flexão apresentando ainda alta ductilidade. A viga V35 atingiu um acréscimo de deslocamento 474% maior que o da viga de referência. As Figuras 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13 ilustram o desempenho destas vigas.

Tabela 6.3 – Resultados dos PRFCs laminados (Sika®CarboDur S512)

| Viga | Tipo de reforço | Quantidade de reforço (cm ³) | Carga ruptura (kN) | Incremento carga (%) | Deslocamento (cm) | Incremento deslocamento (%) | Modo de ruptura | Descolamento reforço |
|------|-----------------|--|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| VR | | | 77,71 | | 1,11 | | Cisalhamento | |
| V16 | Entre estribos | 120 | 92,32 | 18,36 | 1,23 | 10,81 | Cisalhamento | sim |
| V18 | Entre estribos | 120 | 108,92 | 39,64 | 1,74 | 56,76 | Cisalhamento | sim |
| V22 | Entre estribos | 120 | 115,64 | 48,25 | 5,24 | 372,07 | Flexão | não |
| V26 | Entre estribos | 120 | 96,32 | 23,50 | 1,19 | 7,21 | Cisalhamento | sim |
| V30 | Entre estribos | 120 | 79,00 | 1,24 | 1,30 | 17,11 | Cisalhamento | sim |
| V35 | Entre estribos | 120 | 120,02 | 54,09 | 6,38 | 474,77 | Flexão | não |
| V17 | Sobre estribos | 120 | 92,78 | 18,95 | 1,37 | 23,43 | Cisalhamento | sim |
| V23 | Sobre estribos | 120 | 96,48 | 23,69 | 1,39 | 25,23 | Cisalhamento | sim |
| V24 | Sobre estribos | 120 | 77,30 | 0,0 | 1,23 | 10,81 | Cisalhamento | sim |
| V25 | Sobre estribos | 120 | 111,98 | 43,57 | 3,48 | 213,51 | Cisalhamento | sim |

A viga V16, quando ensaiada, iniciou o processo de fissuração aos 55,40 kN. Aos 87,50 kN a segunda lâmina desprendeu-se iniciando a abertura de uma grande fissura de cisalhamento que levou a viga ao colapso.

Na viga V18 aos 86,65 kN houve descolamento da segunda lâmina iniciando-se assim o colapso. Ocorreu a abertura de uma grande fissura de cisalhamento e compressão excessiva do concreto na parte superior da viga.



Figura 6.10 – Viga 16 após o ensaio.

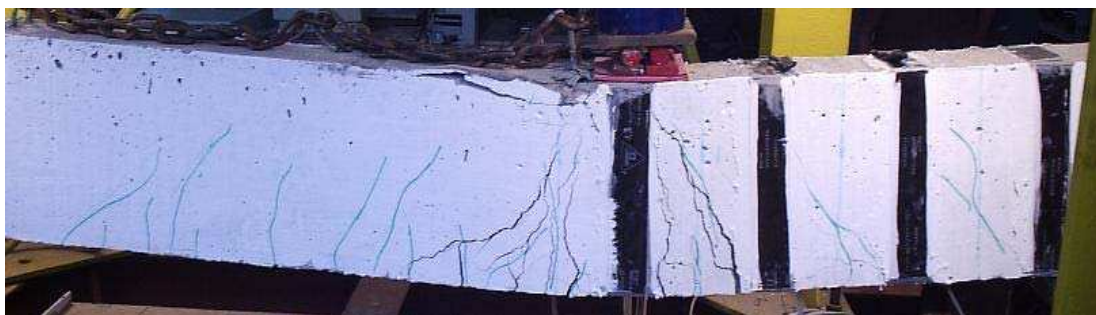


Figura 6.11 – Viga 35 após o ensaio .

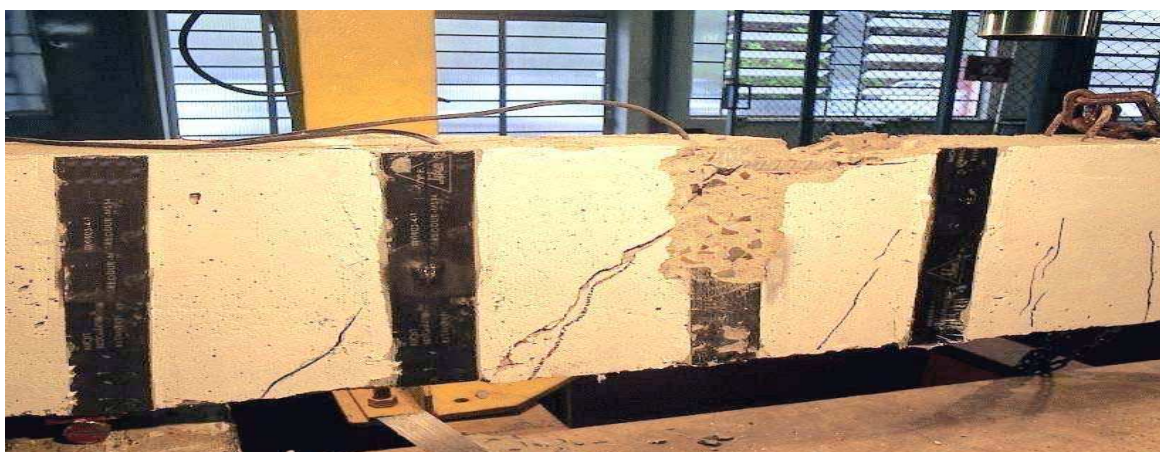


Figura 6.12 – Viga 24 após o ensaio

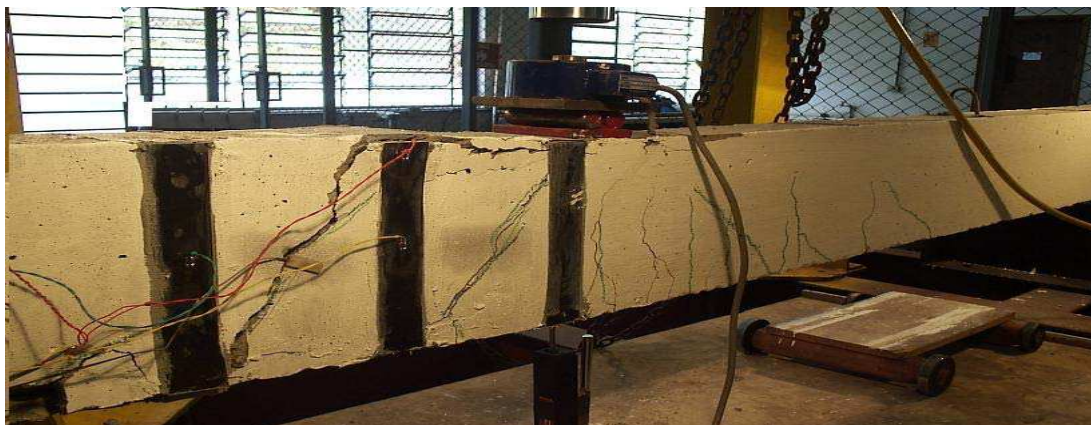


Figura 6.13 – Viga 25 após o ensaio .

6.2.5. Vigas reforçadas com laminados em L

As vigas do grupo que foram reforçadas com o laminado em L posicionados sobre os estribos romperam por flexão, onde a região de tração atingiu o seu máximo e apresentaram pequenas fissuras de cisalhamento e flexão ao longo da viga (Figuras 6.15 e 6.16). Nestas vigas a carga residual do valor próximo da correspondente carga máxima foi mantida até flechas elevadas. Os resultados foram mais uniformes, o que pode significar que o processo de desprendimento das lâminas iniciou no banzo inferior, fissurado por flexão e cisalhamento. Entretanto, as vigas V32 e V33 que possuíam os laminados colados nas faces das vigas sobre os estribos, romperam quando formou-se a fissura diagonal de cisalhamento que descolou a segunda lâmina (Figura 6.14).

Os sistemas de reforços com laminados garantiram um aumento em torno de 50% das suas capacidades de carga das vigas. Mas o melhor desempenho dos laminados é mais notório em termos de ductilidade. As vigas que não tiveram descolamento do sistema de reforço atingiram deslocamentos entre 300% e 470% superiores ao da viga referência.



Figura 6.14 – Viga 32 após o ensaio

Tabela 6.4 – Resultados dos PRFCs laminados em L (Sika® CarboShear L).

| Viga | Tipo de reforço | Quantidade de reforço (cm ³) | Carga ruptura (kN) | Incremento Carga (%) | Deslocamento (cm) | Incremento deslocamento (%) | Modo de ruptura | Descolamento reforço |
|------|-----------------|--|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| VR | | | 77,71 | | 1,11 | | Cisalhamento | |
| V19 | Entre estribos | 207,2 | 105,22 | 34,90 | 1,44 | 29,73 | Flexão | não |
| V20 | Entre estribos | 207,2 | 114,43 | 46,58 | 2,39 | 115,31 | Flexão | não |
| V21 | Entre estribos | 207,2 | 113,19 | 45,11 | 5,08 | 357,66 | Flexão | não |
| V31 | Entre estribos | 207,2 | 117,50 | 50,61 | 4,27 | 284,68 | Flexão | não |
| V32 | Sobre estribos | 207,2 | 116,60 | 49,49 | 4,81 | 333,33 | Cisalhamento | sim |
| V33 | Sobre estribos | 207,2 | 115,30 | 47,85 | 3,83 | 245,04 | Cisalhamento | sim |



Figura 6.15 – Viga 21 após o ensaio



Figura 6.16 – Viga 31 após o ensaio

6.2.6. Vigas reforçadas com tiras de tecido de PRFC

O sistema de reforço que utilizou faixas de tecido de PRFC apresentou desempenho mais uniforme. A pequena variabilidade nos resultados dos protótipos ensaiados pode ser atribuída a uma condição de ancoragem mais eficiente (Figuras 6.17 e 6.18). Apesar de vários autores afirmarem que o sistema de reforço com tecido apresenta ruptura mais frágil, as vigas analisadas neste estudo mostraram-se tão eficientes quanto os sistemas que utilizaram laminados.

Tabela 6.5 – Resultados dos PRFCs em tecidos (SikaWrap).

| Viga | Tipo de reforço | Quantidade de reforço (cm ³) | Carga ruptura (kN) | Incremento Carga (%) | Deslocamento (cm) | Incremento Deslocamento (%) | Modo de ruptura | Descolamento reforço |
|------|-----------------|--|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| VR | | | 77,71 | | 1,11 | | Cisalhamento | |
| V29 | Entre estribos | 35,52 | 120,00 | 53,76 | 4,84 | 336,00 | Flexão | não |
| V37 | Entre estribos | 35,52 | 115,60 | 48,76 | 4,99 | 349,55 | Flexão | não |
| V28 | Entre estribos | 35,52 | 114,40 | 46,66 | 5,37 | 383,78 | Flexão | não |
| V36 | Entre estribos | 35,52 | 120,50 | 55,06 | 5,36 | 382,88 | Flexão | não |
| V34 | 45° | 37,64 | 114,60 | 46,96 | 6,78 | 510,81 | Flexão | não |
| V38 | 45° | 37,64 | 118,30 | 52,23 | 4,85 | 336,94 | Flexão | não |



Figura 6.17 – Viga 28 após o ensaio .



Figura 6.18 – Viga 34 após o ensaio .

6.3. EFEITO DA QUANTIDADE DE PRFC

A figura 6.19 representa um gráfico que relaciona a quantidade de PRFC em cm^3 e o incremento de carga em percentagem.

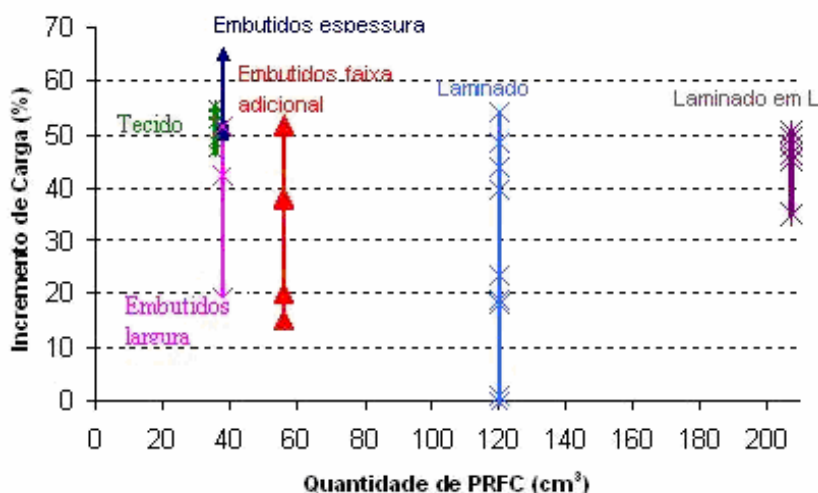


Figura 6.19 – Relação entre quantidade de PRFC e incremento de carga.

De um modo geral é possível verificar que, independentemente da percentagem de PRFC, a solução com laminados inseridos na sua espessura foi mais eficaz que a solução de laminados inseridos na sua largura. Em termos da menor percentagem de PRFC aplicado o ganho de resistência da solução de reforço com laminado embutido na espessura foi superior a todas as outras soluções. O mesmo desempenho não foi verificado para o sistema que utilizou laminados embutidos no sentido de sua largura nem para o sistema com embutidos e faixa adicional. Utilizando uma percentagem de PRFC um pouco maior apresentaram comportamento irregular e pouco acréscimo de carga. A solução de laminados verticais não

trouxe grandes benefícios em termos de capacidade máxima de carga, pois o descolamento precoce do reforço prejudicou muito seu desempenho. Analisando os dados relativos às vigas reforçadas com laminados em L verifica-se que o desempenho registrado nesta solução é melhor que o do laminado comum devido à melhor condição de ancoragem e assemelha-se aos sistemas que utilizaram laminados embutidos, porém a quantidade de PRFC utilizada é superior a todos os outros sistemas. Efetivamente, foi a solução de laminados inseridos no concreto de recobrimento que correspondeu a menor quantidade de PRFC e maior percentagem de acréscimo de carga. Algo semelhante aconteceu para o sistema de reforço que utilizou tecido colado em faixas, mas em envolvimento total, proporcionando um acréscimo de capacidade de carga semelhante ao registrado nas melhores soluções já descritas.

6.4. CONTRIBUIÇÃO DO PRFC NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

Adotando-se para o caso das vigas de concreto armado reforçadas ao cisalhamento o mesmo princípio que é utilizado pelos códigos normativos de dimensionamento para quantificação da parcela resistente ao esforço cortante tem-se:

$$V_u = V_c + V_{sw} + V_f \quad (6.1)$$

onde:

V_u = parcela resistente ao esforço cortante último;

V_c = contribuição do concreto;

V_{sw} = contribuição dos estribos;

V_f = contribuição do PRFC.

As figuras 6.20 a 6.24 apresentam o valor de V_u e das parcelas (V_c+V_{sw}) e V_f para os diversos grupos de sistemas de reforços utilizados nas vigas ensaiadas. A contribuição do concreto e do aço (V_c+V_{sw}) foi obtida por intermédio do resultado da viga referência. As vigas que possuem os reforços colados entre os estribos são diferenciadas na representação da parcela V_c+V_{sw} .

Segundo Triantafillou (1998), o ganho de carga devido ao PRF é ditado mais pela resistência à compressão do concreto do que pela rigidez do PRF.

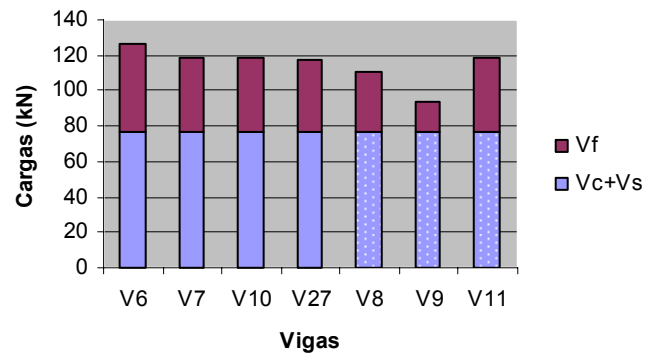


Figura 6.20 – Parcelas Vc+Vsw e Vf para o grupo dos embutidos.

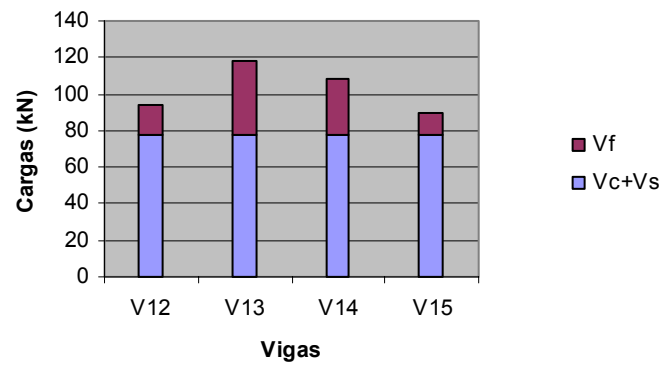


Figura 6.21 – Parcelas Vc+Vsw e Vf para o grupo dos embutidos com faixa colaborante.

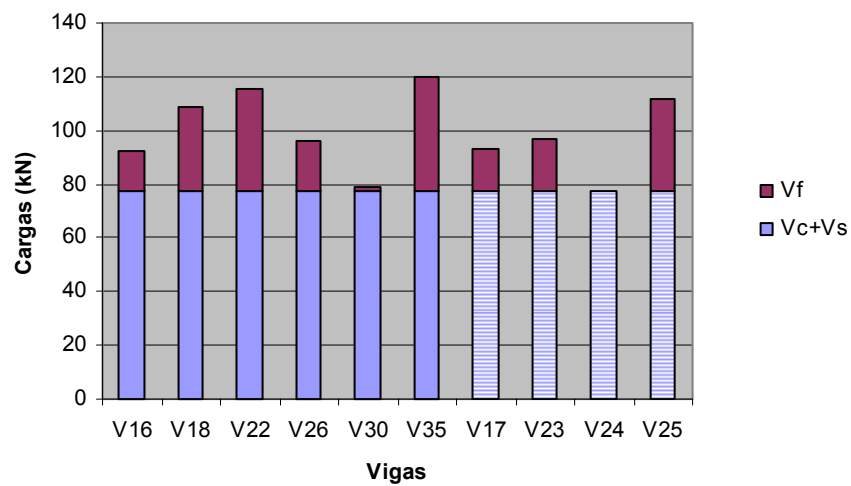


Figura 6.22 – Parcelas Vc+Vsw e Vf para o grupo dos laminados colados nas laterais.

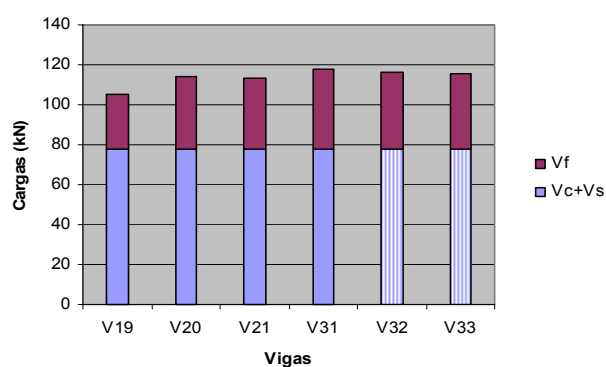


Figura 6.23 – Parcelas Vc+Vsw e Vf para o grupo dos laminados em L colados em U.

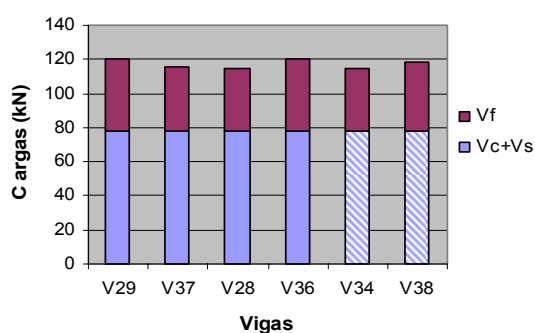


Figura 6.24 – Parcelas Vc+Vsw e Vf para o grupo das tiras de tecido coladas em envolvimento total.

Analisando-se os dados contidos nas figuras acima, é possível verificar os seguintes pontos:

- i.) A contribuição do concreto e do aço foi maior que a contribuição do PRFC.
- ii.) Os reforços que apresentaram resultados mais constantes foram os sistemas de laminados embutidos na espessura e as tiras de tecido em envolvimento total.
- iii.) O sistema que apresentou maior variabilidade de resultados foi o dos laminados colados nas laterais.
- iv.) A ancoragem é um dos fatores preponderantes na eficácia do reforço. Os sistemas que possuíam maiores comprimentos de ancoragem, maiores superfícies de adesão e melhor efeito localizado das fissuras apresentaram resultados mais satisfatórios.

- v.) Atenção especial deve ser dada no preparo das vigas que utilizam o sistema de lâminas coladas nas laterais. Sugere-se deixar a superfície de concreto mais rugosa onde deverão ser coladas as lâminas, e abrir pequenos sulcos para melhorar a penetração da resina, permitindo uma boa aderência entre o concreto e o material compósito.

6.5. DIAGRAMAS CARGA X DESLOCAMENTO

6.5.1. Viga referência

A viga referência rompeu-se pela ocorrência de uma fissura no vão de cisalhamento denominada fissura diagonal crítica de cisalhamento após o desenvolvimento de pequenas fissuras de flexão. O gráfico ilustrado na Figura 6.25 mostra a curva que relaciona a carga aplicada com o deslocamento sendo que os pequenos picos representam a força que o pistão sofria devido ao aparecimento de fissuras na viga. A partir de 18 kN começaram a aparecer as primeiras fissuras no concreto. Este valor de carga indica o início do comportamento não linear da estrutura. O segundo ponto de interesse na curva carga-deslocamento é o correspondente à carga máxima que resiste a viga. O valor correspondente a 77,71 kN foi a carga de colapso a partir da qual se produziu a ruína da estrutura, caracterizada por um rápido descenso da curva.

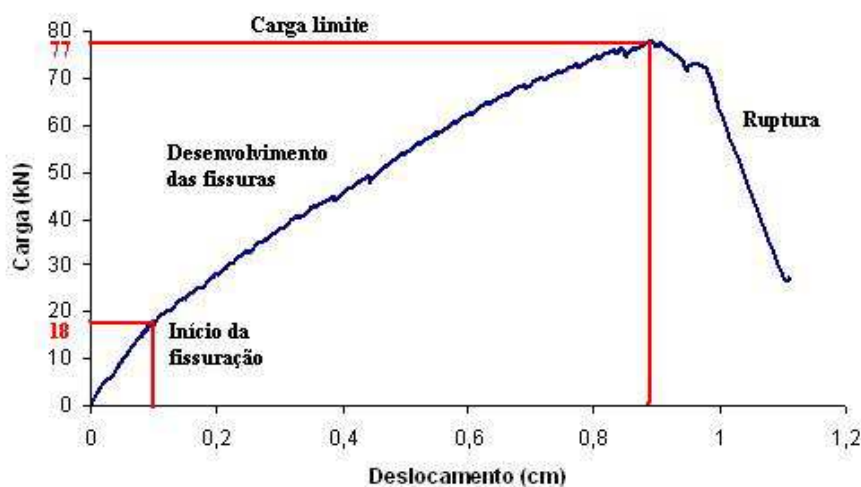


Figura 6.25 – Diagrama carga x deslocamento da viga referência.

6.5.2. Sistema de reforço utilizando laminados inseridos no concreto de recobrimento

6.5.2.1. Laminados inseridos no sentido da espessura

Os sistemas de reforços com laminados embutidos garantiram um aumento em torno de 50% nas capacidades de carga das vigas. Mas o melhor desempenho dos laminados embutidos é atribuído ao acréscimo da ductilidade. As vigas que foram reforçadas com laminados embutidos no sentido da espessura da lâmina, conforme ilustra a figura 6.26, tiveram melhor desempenho em termos de incremento de carga e aumento de ductilidade.

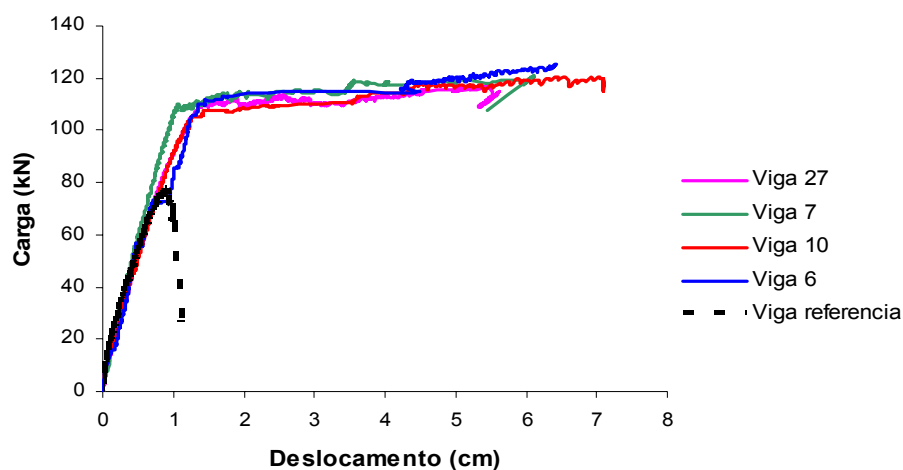


Figura 6.26 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados inseridos no sentido da espessura.

6.5.2.2. Laminados inseridos no sentido da largura

As vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto de recobrimento no sentido da largura do laminado tiveram pior desempenho. A figura 6.27 mostra que o incremento de carga foi menor e o acréscimo de deslocamento foi muito inferior quando comparada com a técnica anterior. Na viga V9 ocorreu o desprendimento de uma lâmina resultando em ganhos muito baixos. Pode-se destacar que as vigas V8 e V11 romperam por flexão, mas a V9 rompeu devido à abertura da fissura crítica de cisalhamento. Comparando-se as duas técnicas, o melhor desempenho dos laminados foi o fornecido pelo sistema de reforço que utilizou os laminados inseridos no concreto de recobrimento na direção de sua espessura. Em termos de ductilidade, neste programa experimental este sistema de reforço atingiu 538,74% de

acrécimo em relação à viga testemunho. Todavia o sistema de reforço que utilizou os laminados na direção de sua largura apresentou um incremento menor, com acréscimo máximo de 229,73%.

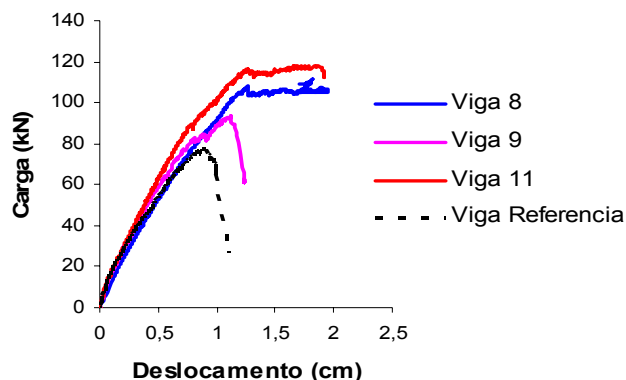


Figura 6.27 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos laminados inseridos no sentido da largura.

6.5.3. Embutidos com faixa adicional

A faixa adicional recomendada pelo *Report n° 55* da *BCS (2000)* gerou tensões locais que descolavam-na e provocaram o descolamento das lâminas de reforço ao cisalhamento conduzindo a rupturas nas vigas logo após estas atingirem a carga de pico, com um aumento muito discreto do deslocamento sob a carga aplicada (Figura 6.28). Monti e Liotta (2005) descreveram este mesmo fenômeno quando utilizaram sistema de reforço que incluía a faixa adicional.

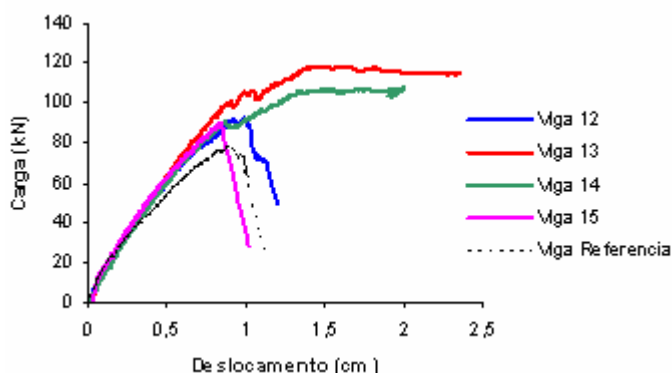


Figura 6.28 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos embutidos com faixa adicional.

6.5.4. Laminados – Sika® CarboDur

O sistema de reforço que utilizou faixas de laminado coladas nas laterais das vigas apresentou desempenho inconsistente. Em função de suas características de aceitar somente a colagem do reforço nas laterais, esta é a única opção de ancoragem. Assim o modo de ruptura é controlado pelo descolamento do reforço e o incremento de carga dependia da configuração das fissuras

As vigas romperam-se de duas formas: quando não havia o descolamento das lâminas, este sistema mostrou-se tão eficiente quanto outros, mas quando as lâminas descolavam, com cargas em torno de 50kN, o ganho era pequeno e apresentavam ruptura frágil (Figura 6.29). As vigas que tiveram um modo de ruptura frágil ocasionado pelo descolamento da segunda e terceira faixas de laminado no vão de cisalhamento apresentaram abertura excessiva de uma fissura de cisalhamento e formação de pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ao longo da viga, ocorrendo também o rompimento da armadura transversal. Para que isso não ocorra sugere-se que seja dada atenção especial no preparo das vigas que utilizam este sistema. Deve-se deixar a superfície de concreto mais rugosa e sugere-se que nesta superfície sejam abertos pequenos sulcos para melhor penetração da resina permitindo assim, melhorar a aderência entre o concreto e o material compósito. As vigas V22 e V35 apresentaram alta ductilidade, sendo que a viga V35 atingiu um deslocamento 474% maior que o da viga de referência.

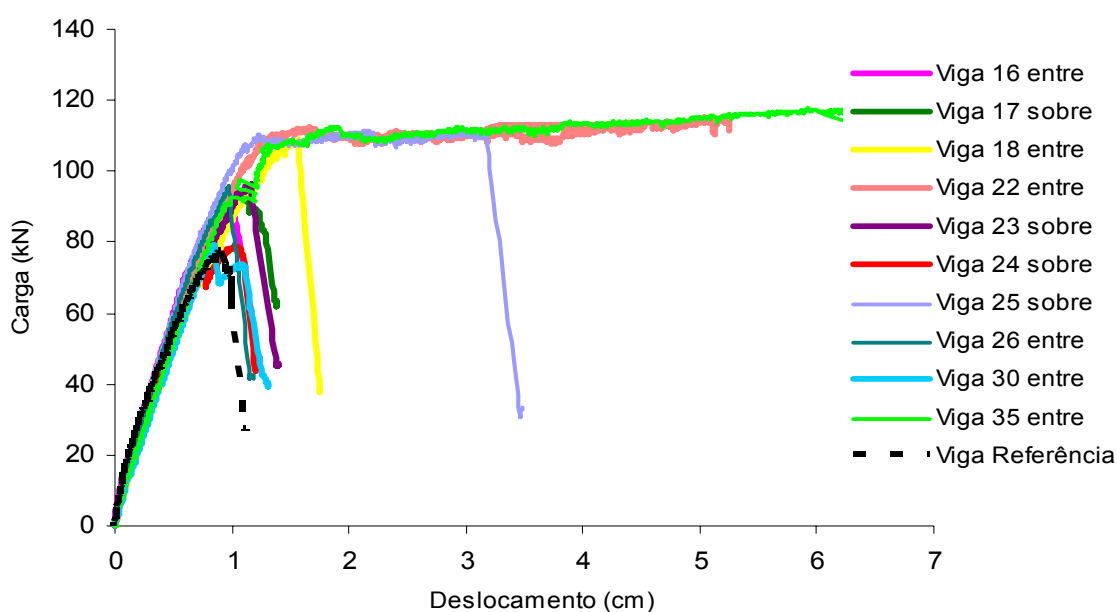


Figura 6.29 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos Laminados (Sika® CarboDur).

6.5.5. Laminados – Sika® CarboShear L

As vigas deste grupo romperam por flexão, onde a região de tração atingiu o seu máximo e apresentaram pequenas fissuras de cisalhamento e flexão ao longo da viga. Nestas vigas a carga residual do valor próximo da correspondente carga máxima foi mantida até flechas elevadas (Figura 6.30).

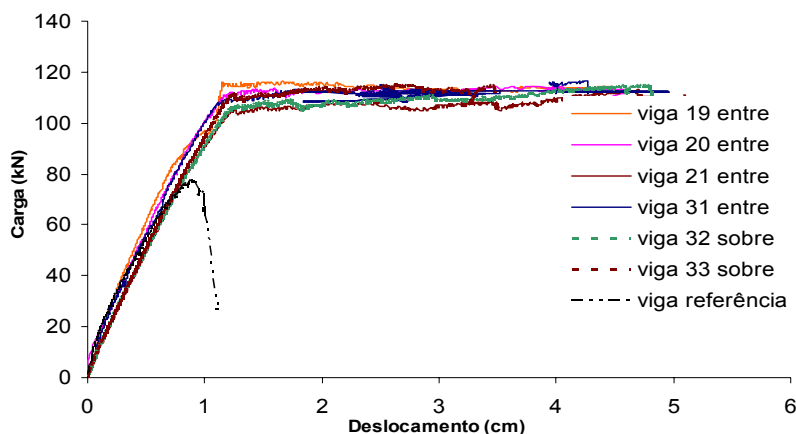


Figura 6.30 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos Laminados em L (Sika® CarboShear L).

6.5.6. Tecido – SikaWrap

O sistema de reforço que utilizou faixas de tecido de CFRP garantiu boa eficiência, apresentando pouca variabilidade nos resultados dos protótipos ensaiados e mostrou-se tão eficiente quanto o sistema que utilizou laminados em forma de L (Figura 6.31).

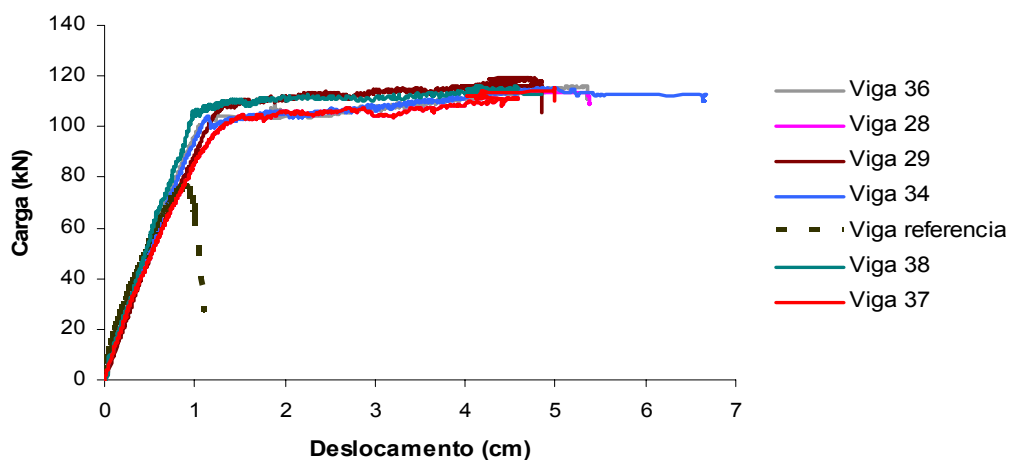


Figura 6.31 – Diagrama carga x deslocamento do grupo dos tecidos (SikaWrap).

Ressalta-se que este sistema possuía excelente ancoragem pois as faixas foram coladas envolvendo todos os lados das vigas.

6.6. DEFORMAÇÕES ESPECÍFICAS

Com base em observações experimentais e nos resultados, será apresentada uma análise para melhor compreensão do complexo comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas ao cisalhamento, e para estimar as contribuições parciais da resistência ao cisalhamento (V_c , V_{sw} , V_f), enfatizando as relações mútuas entre elas.

Pellegrino e Modena (2002) e Bousselham e Chaallal (2004) afirmaram que a resistência nominal ao cisalhamento V_n obtida da soma das diferentes contribuições, através dos códigos e recomendações atuais, integralmente aparecem se aproximar bem das capacidades nominais experimentais ao cisalhamento e as contribuições parciais não podem ser convenientemente estimadas. Apesar das contribuições para resistência ao cisalhamento serem consideradas como independentes, existe uma interação, e isto tem uma grande influência na eficiência do reforço com PRF.

6.6.1. Deformações Específicas no Concreto

As deformações específicas no concreto apresentaram grande variabilidade com o acréscimo de carga. Inicialmente o mesmo fenômeno ocorreu de forma semelhante para todas as vigas. Pequenas fissuras de flexão ou cisalhamento se formavam, mas com a continuidade da aplicação da carga surgiam fissuras maiores e diferentes devido ao comportamento do sistema de reforço que estava sendo utilizado.

As curvas apresentadas nos gráficos a seguir representam carga *versus* as deformações do concreto. A fase inicial destas curvas indica que as bielas comprimidas do concreto praticamente não eram deformadas. Isto acontecia até a carga atingir 40 kN. A partir deste valor o mecanismo de treliça começava a se formar e apareciam as fissuras diagonais. Observou-se então que as deformações aumentavam linearmente com o incremento de carga, até atingirem aproximadamente 80kN. Depois desse ponto as curvas caracterizavam um

comportamento plástico. Fisicamente isto corresponde a propagação das fissuras através da zona de compressão.

Fissuras de flexão estavam presentes em todos os casos, com maior ou menor profundidade e intensidade.

6.6.1.1. Viga referência

A viga referência mostrou um mecanismo típico de colapso por cisalhamento (Figura 6.32), com a formação da fissura diagonal principal apresentando uma direção horizontal perto do apoio e no ponto de aplicação da carga. Na zona central a inclinação era de aproximadamente 45° .

As deformações principais ε_1 e ε_2 foram obtidas através das equações da teoria da elasticidade.

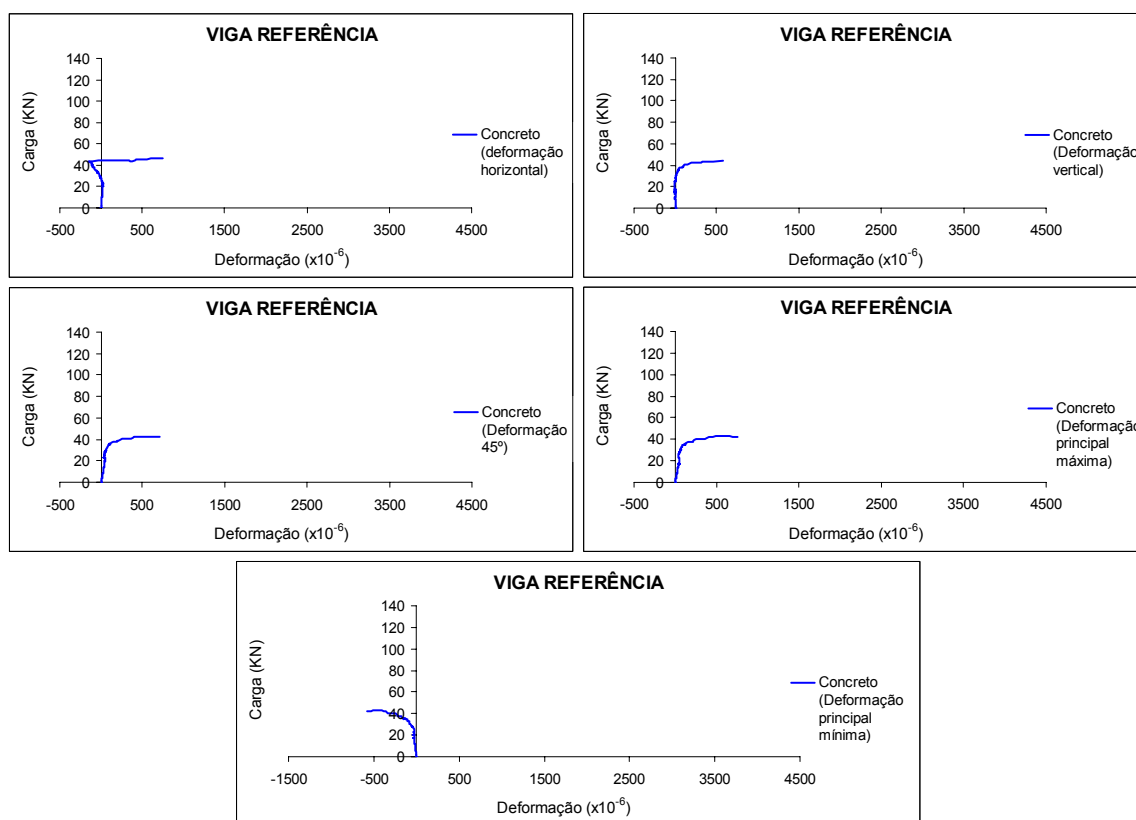


Figura 6.32 – Deformações no concreto (Viga Referência).

6.6.1.2. Vigas reforçadas

As deformações específicas no concreto foram medidas através de extensômetros colados entre a segunda e a terceira lâmina a partir do apoio. Nas vigas onde ocorreram descolamento de uma ou mais lâminas formou-se a fissura diagonal de cisalhamento que apresentou “caminhos” diferentes para cada protótipo. Os extensômetros que se encontravam mais distantes da fissura registraram maior variação das deformações e valores menores enquanto o extensômetro do protótipo que estava situado mais perto da fissura formada registrou deformações mais significativas (Figuras 6.33 a 6.41).

- Embutidos na espessura

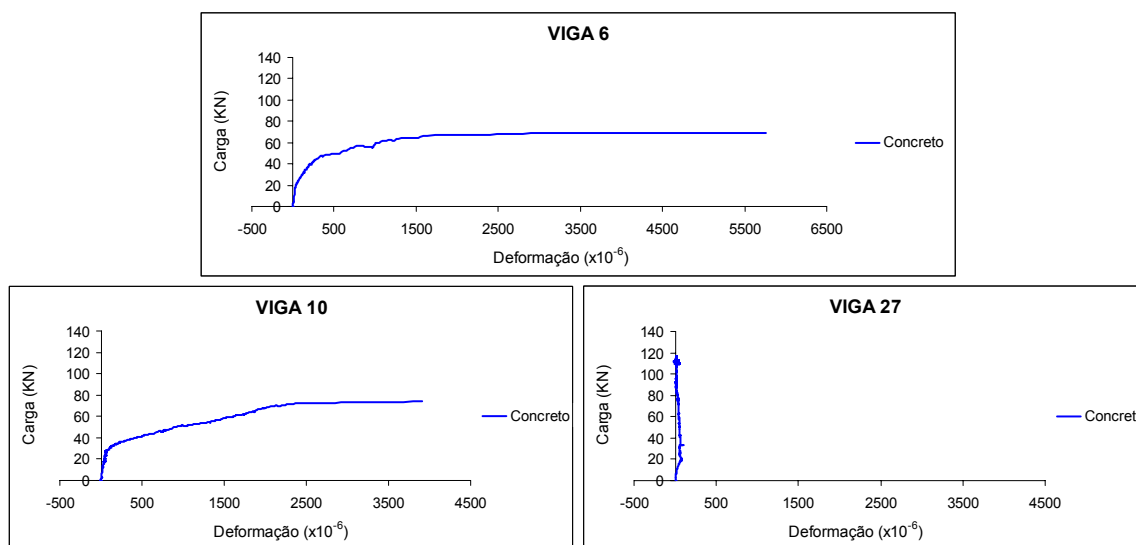


Figura 6.33 – Deformações no concreto (grupo dos embutidos na espessura).

- Embutidos na lateral

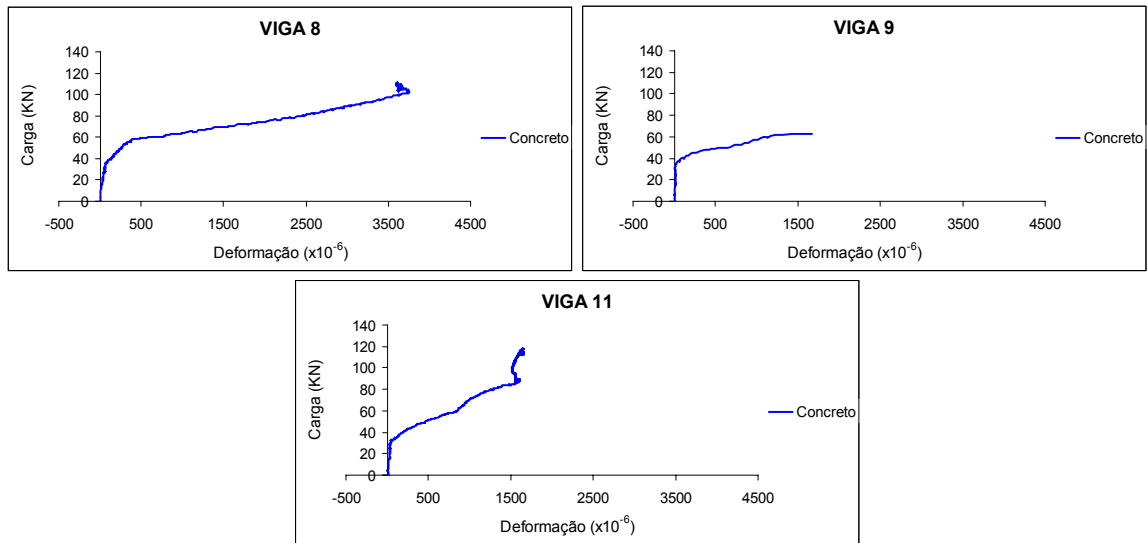


Figura 6.34 – Deformações no concreto (grupo dos embutidos na lateral).

- Embutidos com faixa colaborante

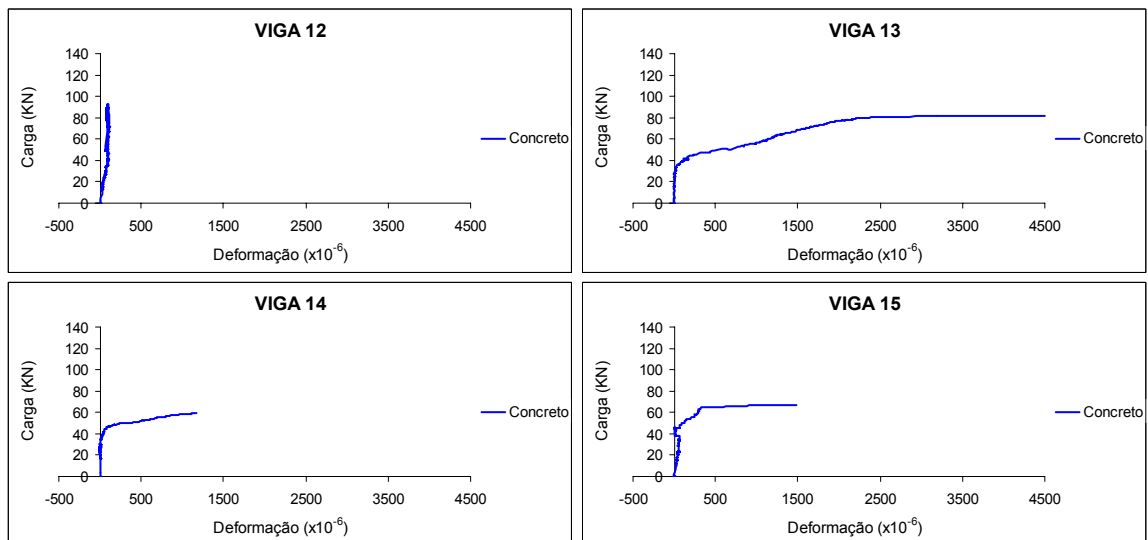


Figura 6.35 – Deformações no concreto (grupo dos embutidos com faixa colaborante).

- Laminados entre estribos

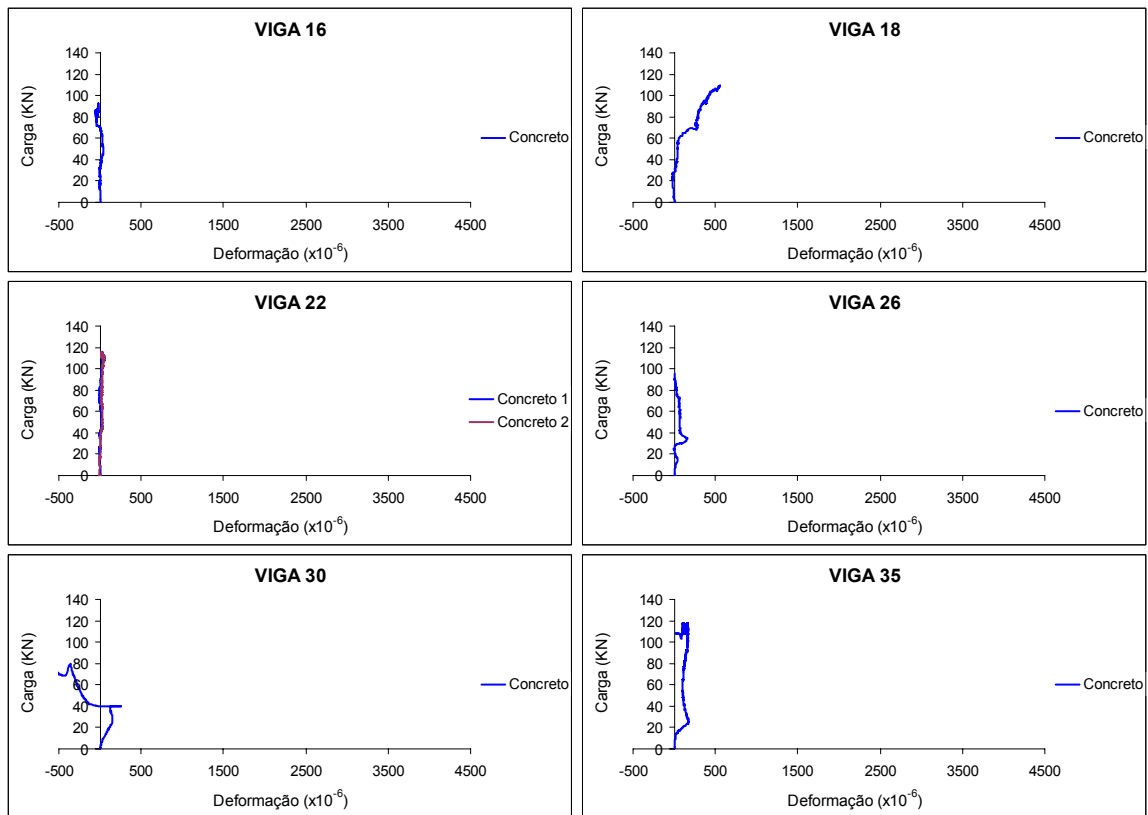


Figura 6.36 – Deformações no concreto (grupo dos laminados entre estribos).

- Laminados sobre estribos

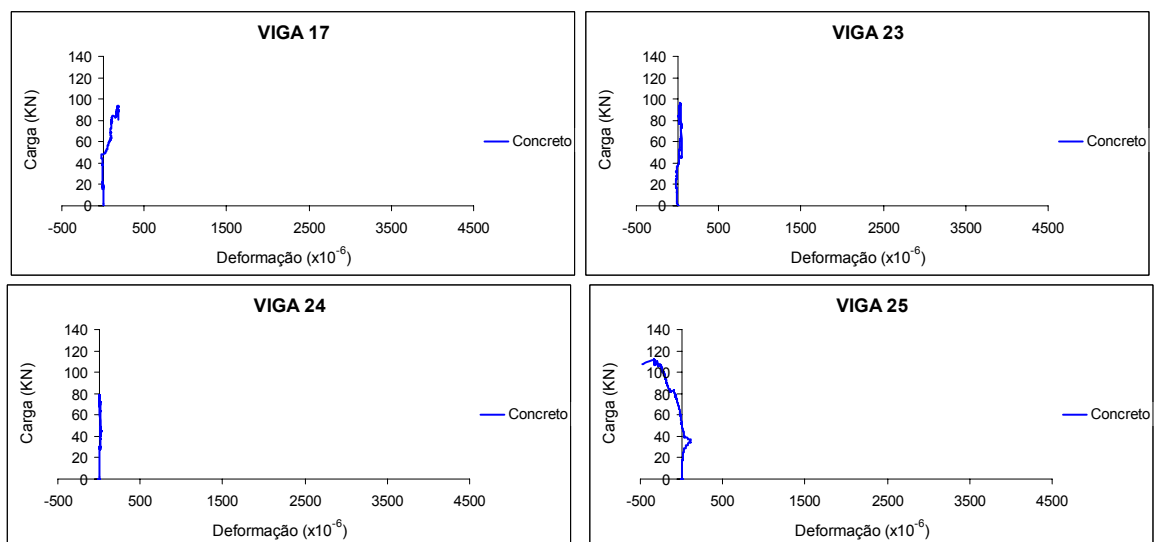


Figura 6.37 – Deformações no concreto (grupo dos laminados sobre estribos).

- Laminados em L entre estribos

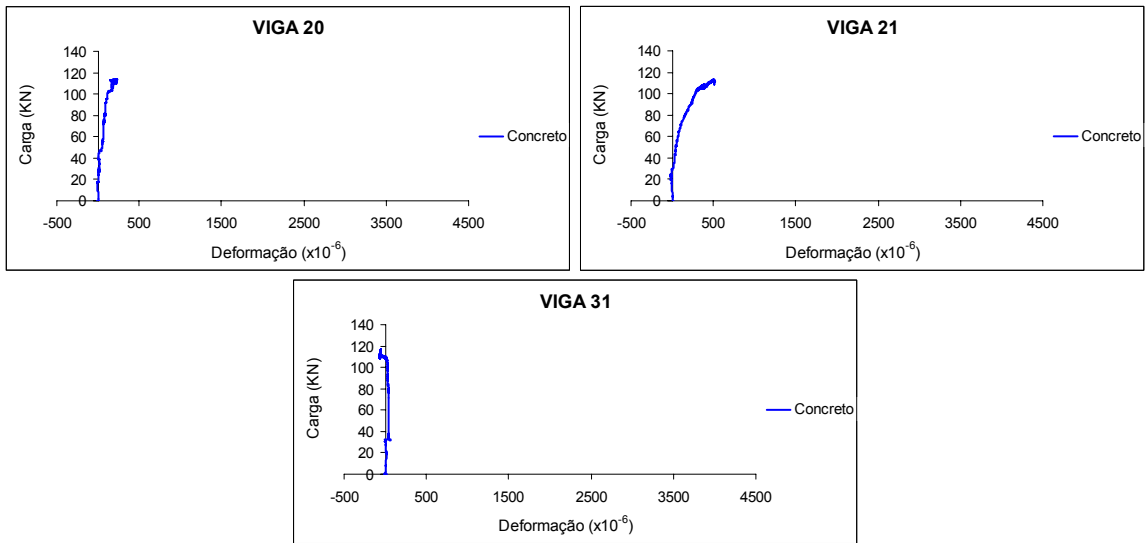


Figura 6.38 – Deformações no concreto (grupo dos laminados em L entre estribos).

- Laminados em L sobre estribos

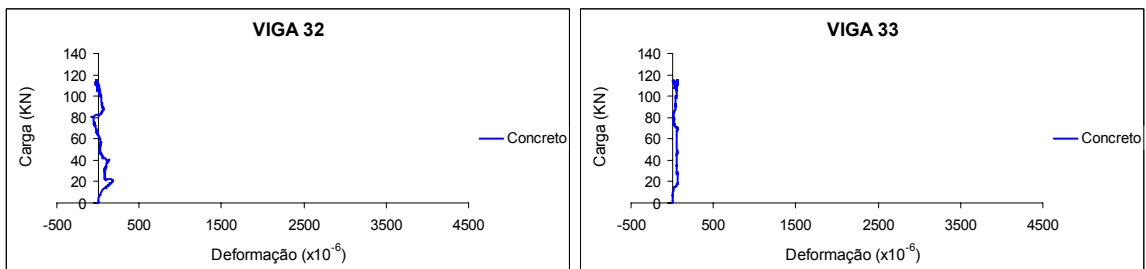


Figura 6.39 – Deformações no concreto (grupo dos laminados em L sobre estribos).

- Tiras de tecido entre estribos

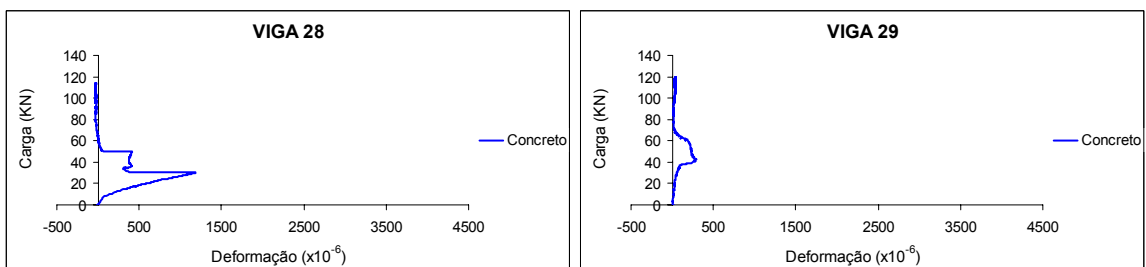


Figura 6.40 – Deformações no concreto (grupo das tiras de tecido entre estribos).

- Tiras de tecido a 45°

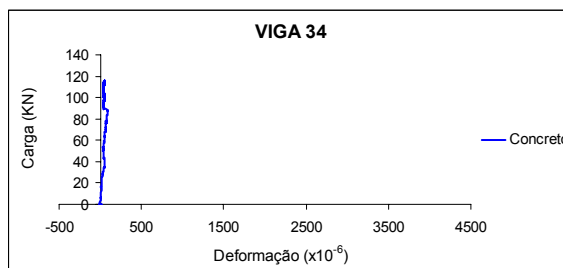


Figura 6.41 – Deformações no concreto (grupo das tiras de tecido a 45°).

6.6.2. Deformações Específicas nos Estribos

Na fase inicial nenhuma contribuição notável dos estribos foi observada. Na segunda fase quando a primeira fissura diagonal se iniciava o estribo começa a se deformar. A carga aplicada nesta etapa era de aproximadamente 40kN. A deformação nos estribos continuou a aumentar junto com o acréscimo da carga até o aço atingir o escoamento ou a ruptura. O terceiro estágio é facilmente identificável através do grande patamar de ductilidade.

Segundo Bousselham e Chaallal (2005), os códigos de dimensionamento subestimam a resistência devido à armadura transversal.

A afirmação acima foi notada através da comparação da força resistente no estribo 2 da viga 18, que atingiu 29,09 kN na análise experimental, enquanto nos códigos normativos, este valor se aproxima de 1 kN.

A Figura 6.42 mostra a posição dos extensômetros nos estribos das vigas ensaiadas.



Figura 6.42 – Ilustração da posição dos extensômetros nos estribos.

6.6.2.1. Viga referência

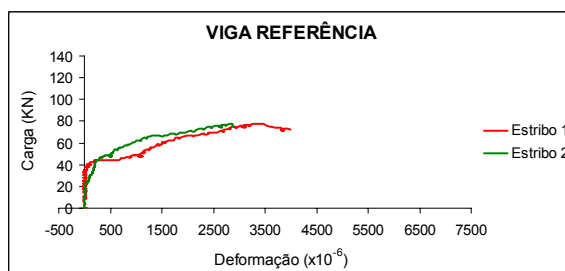


Figura 6.43 – Deformações nos estribos (Viga Referência).

6.6.2.2. Vigas reforçadas

Nas Figuras 6.44 a 6.51 observa-se as deformações específicas nas vigas que possuíam extensômetros nos estribos.

- Embutidos na espessura

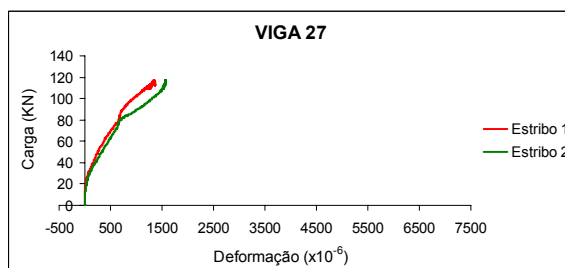


Figura 6.44 – Deformações nos estribos (grupo dos embutidos na espessura).

- Embutidos na lateral

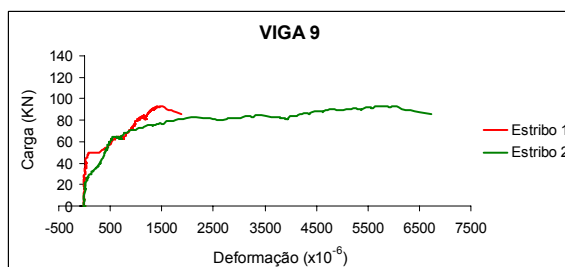


Figura 6.45 – Deformações nos estribos (grupo dos embutidos na lateral).

- Laminados entre estribos

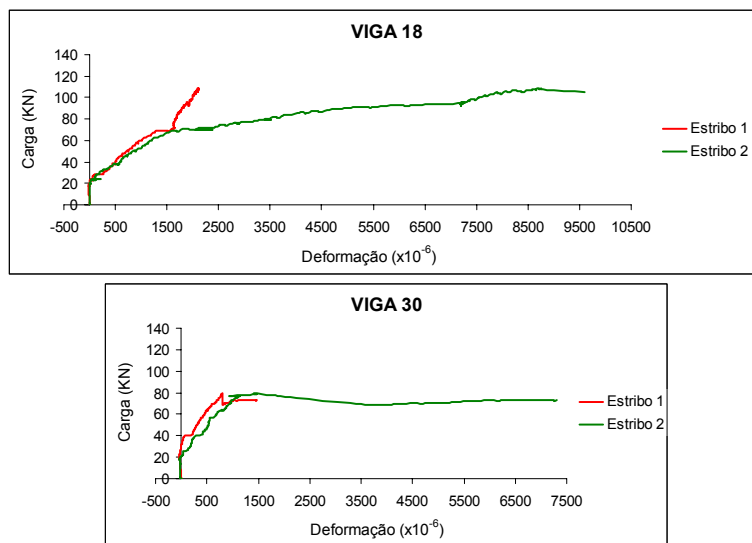


Figura 6.46 – Deformações nos estribos (grupo dos laminados entre estribos).

- Laminados sobre estribos

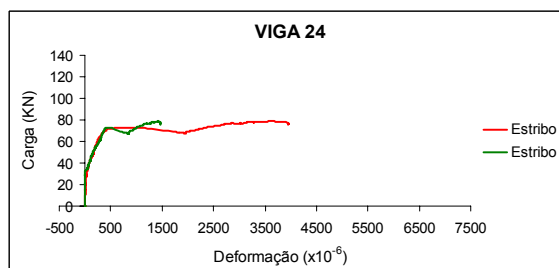


Figura 6.47 – Deformações nos estribos (grupo dos laminados sobre estribos).

- Laminados em L entre estribos

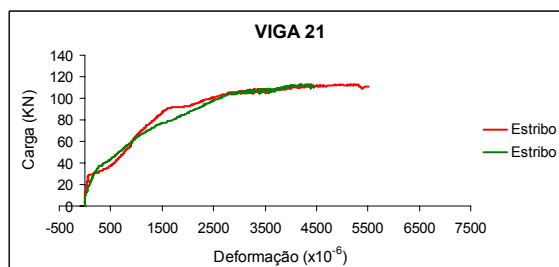


Figura 6.48 – Deformações nos estribos (grupo dos laminados em L entre estribos).

- Laminados em L sobre estribos

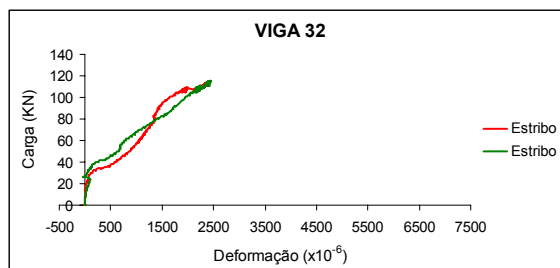


Figura 6.49 – Deformações nos estribos (grupo dos laminados em L sobre estribos).

- Tiras de tecido sobre estribos

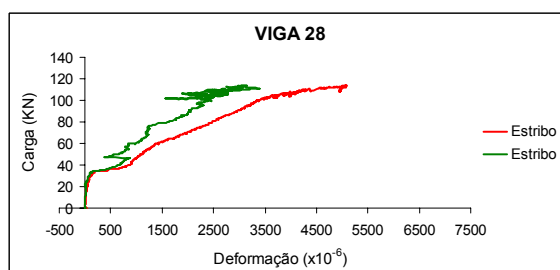


Figura 6.50 – Deformações nos estribos (grupo das tiras de tecido entre estribos).

- Tiras de tecido a 45°

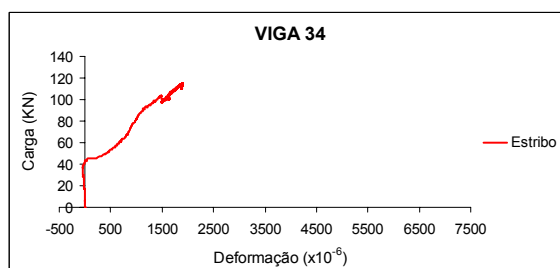


Figura 6.51 – Deformações nos estribos (grupo das tiras de tecido a 45°).

6.6.3. Deformações Específicas nos Compósitos de PRFC

As figuras 6.53 a 6.61 apresentam as curvas carga *versus* deformação no PRFC. Todas as curvas apresentadas nestas figuras mostram que o PRFC não contribuiu para a capacidade resistente de carga no estágio inicial de carregamento. O reforço começou a atuar quando as cargas atingiram valores entre 20 e 40 kN. Em seguida as deformações no PRFC começaram a aumentar continuamente apresentando trechos constantes. Segundo a literatura os compósitos deveriam manter este comportamento até atingirem a ruptura, entretanto, neste estudo nenhum compósito de PRFC foi rompido.

A figura 6.52 ilustra a posição dos extensômetros nos laminados de PRFC. Esta configuração também é válida para as fibras inclinadas.

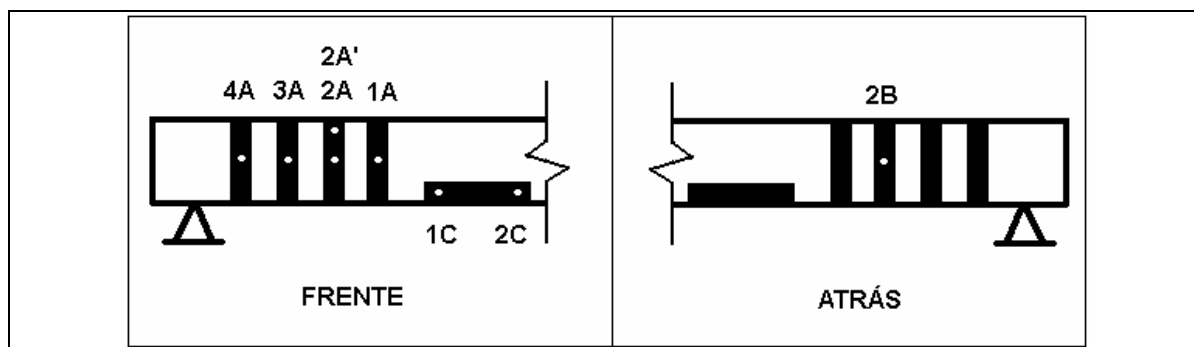


Figura 6.52 – Ilustração da posição dos extensômetros nos laminados de PRFC.

6.6.3.1. Vigas reforçadas

- Embutidos na espessura

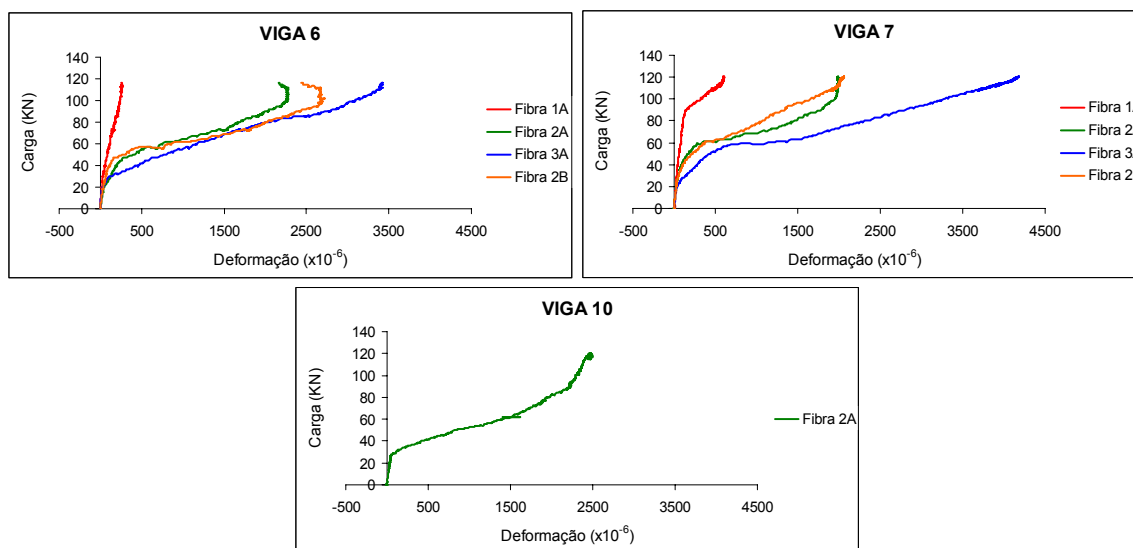


Figura 6.53 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos embutidos na espessura).

- Embutidos na lateral

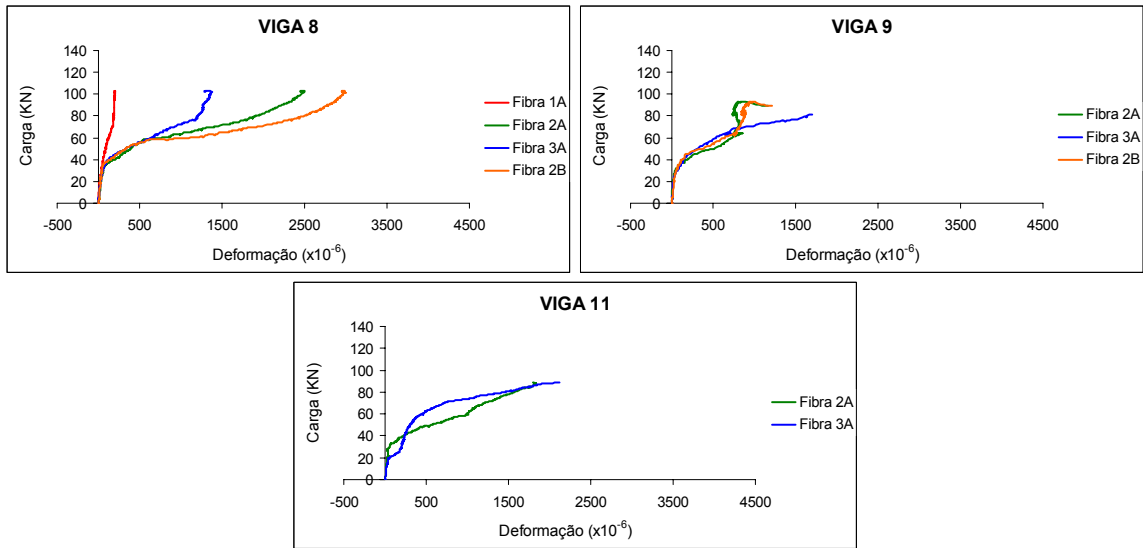


Figura 6.54 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos embutidos na lateral).

- Embutidos com faixa colaborante

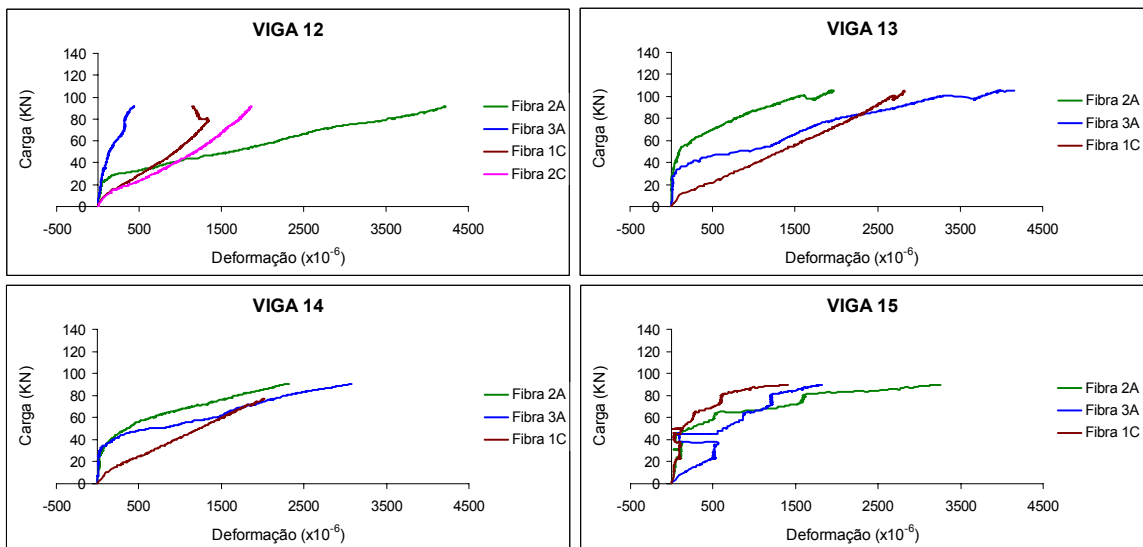


Figura 6.55 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos embutidos com faixa colaborante).

- Laminados colados nas faces das vigas entre os estribos internos

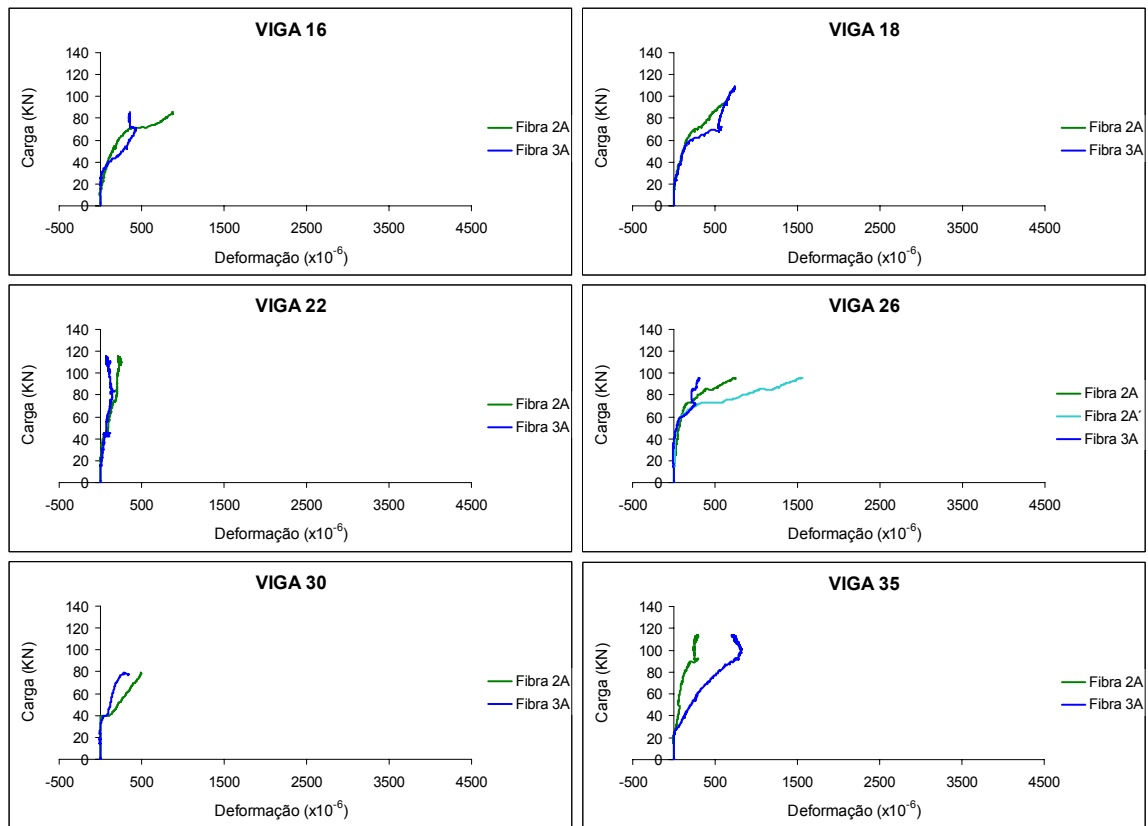


Figura 6.56 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos laminados entre estribos).

- Laminados colados nas faces das vigas sobre os estribos internos

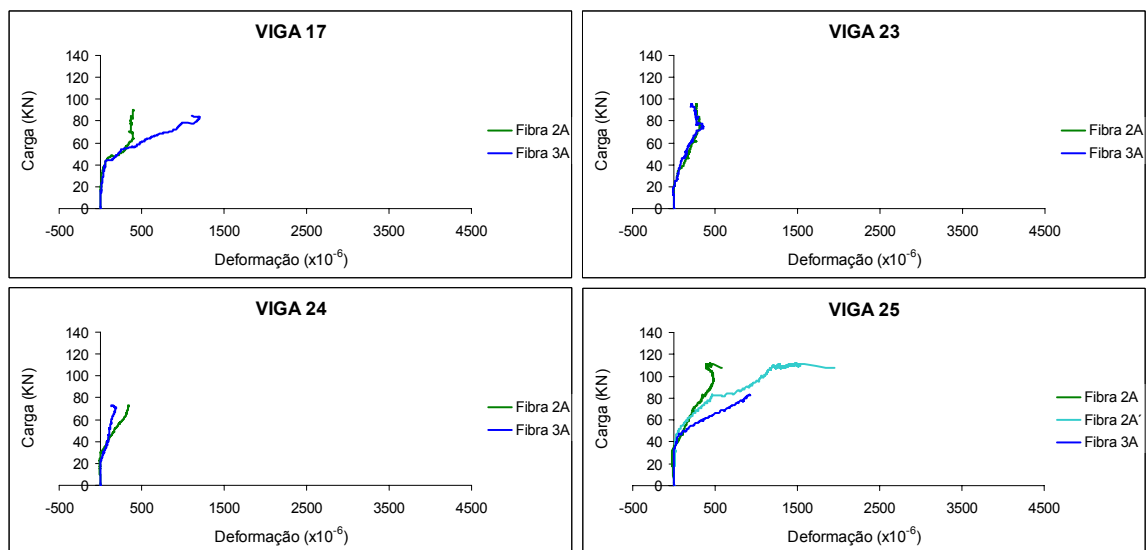


Figura 6.57 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos laminados sobre estribos).

- Laminados em L colados nas faces das vigas entre os estribos internos entre estribos

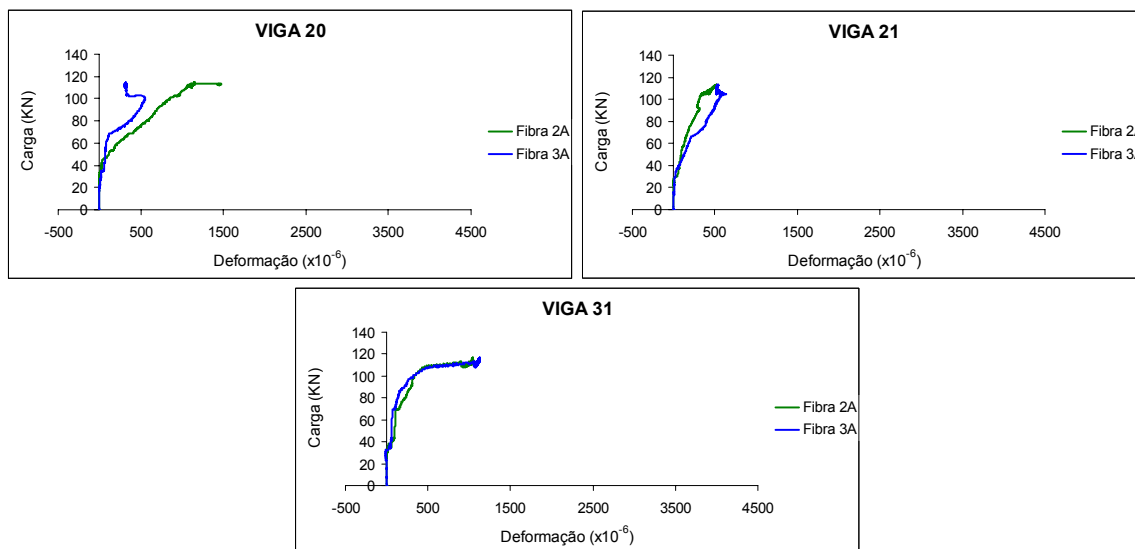


Figura 6.58 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos laminados em L entre estribos).

- Laminados em L colados nas faces das vigas sobre os estribos internos sobre estribos

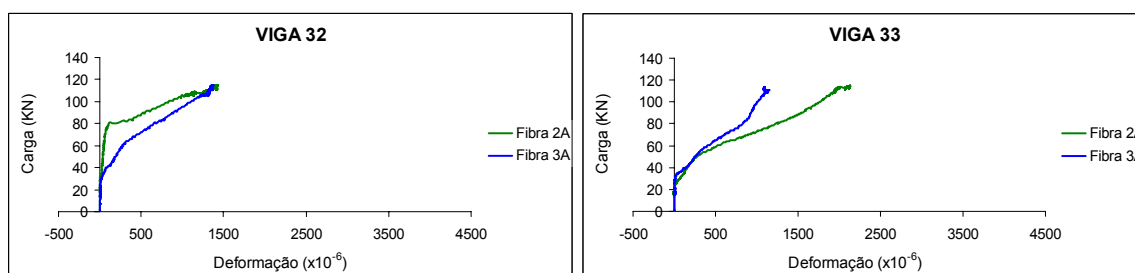


Figura 6.59 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo dos laminados em L sobre estribos).

- Tiras de tecido entre estribos

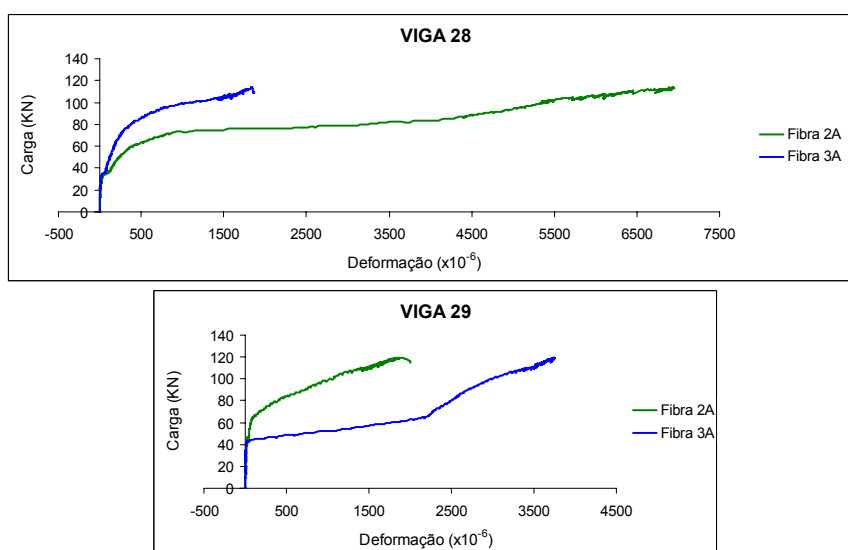


Figura 6.60 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo das tiras de tecido entre estribos).

- Tiras de tecido a 45°

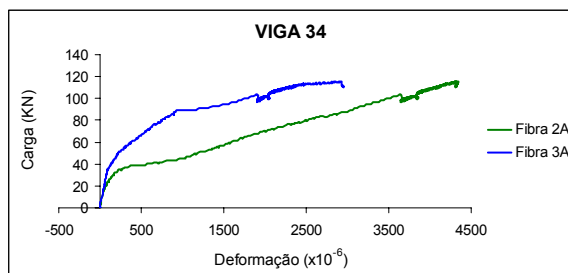


Figura 6.61 – Deformações nos laminados de PRFC (grupo das tiras de tecido a 45°).

6.6.4. Comparações - laminados de PRFC colados entre e sobre estribos

Durante os ensaios experimentais comprovou-se que as vigas que tinham as lâminas de PRFC coladas na superfície do concreto entre os estribos apresentavam melhor desempenho que as outras que possuíam as lâminas coladas nas faces das vigas sobre os estribos internos. Com a finalidade de poder estabelecer comparações e tentar buscar uma explicação para o fenômeno observado apresenta-se gráficos dos dados registrados e fotos das vigas (Figuras 6.62 a 6.68). Verificou-se através de resultados já apresentados que nos sistemas que utilizaram as lâminas coladas na superfície do concreto sobre a região onde se encontravam os estribos todas as vigas romperam por cisalhamento enquanto, as coladas na região entre os estribos, algumas romperam-se por flexão e outras por cisalhamento. As vigas que possuíam as lâminas posicionadas nas faces das vigas entre os estribos apresentaram maiores deformações específicas no concreto enquanto as outras, posicionadas sobre a armadura transversal indicavam maiores deformações nos estribos e nas lâminas.

Mediante estas constatações deduziu-se que as lâminas restringiam a deformação e a fissuração entre as faixas, quando estas eram coladas na superfície das vigas entre a armadura transversal. Para a outra situação, onde as lâminas eram coladas na superfície das vigas sobre os estribos, estes não seguravam a fissuração que provocavam o descolamento das lâminas permitindo a formação da fissura diagonal de cisalhamento. Entretanto as vigas V32 e V33 do sistema de reforço com Sika[®] CarboShearL, apesar da abertura de uma grande fissura diagonal de cisalhamento, tiveram um bom desempenho garantido pelo sistema de ancoragem.

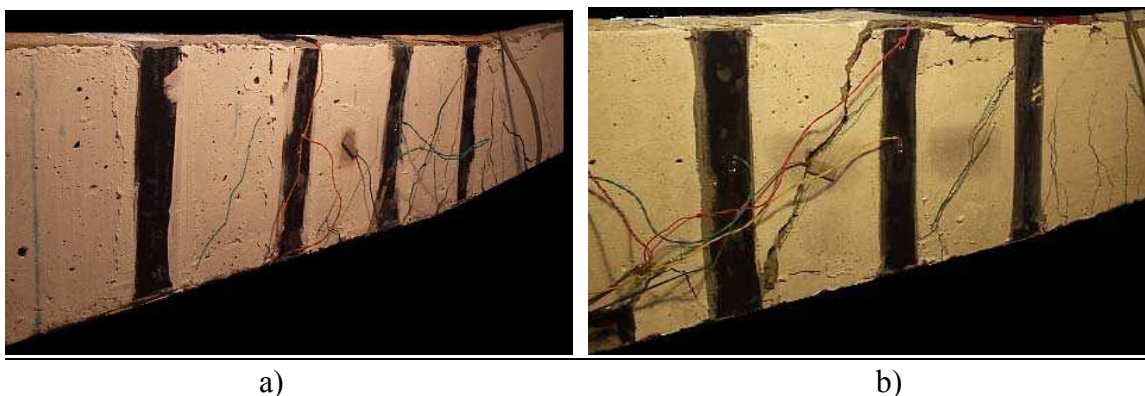


Figura 6.62 – Vigas após ensaio do Sistema Sika® CarboDur: a) entre estribos e b) sobre estribos.

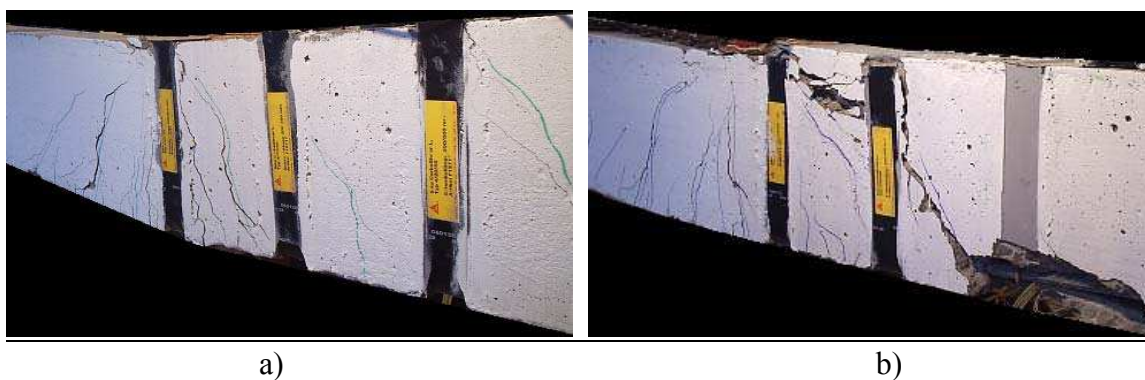


Figura 6.63 – Vigas após ensaio do Sistema Sika® CarboShear L: a) entre estribos e b) sobre estribos.

- Comparação para o concreto

- *Sika® CarboDur*

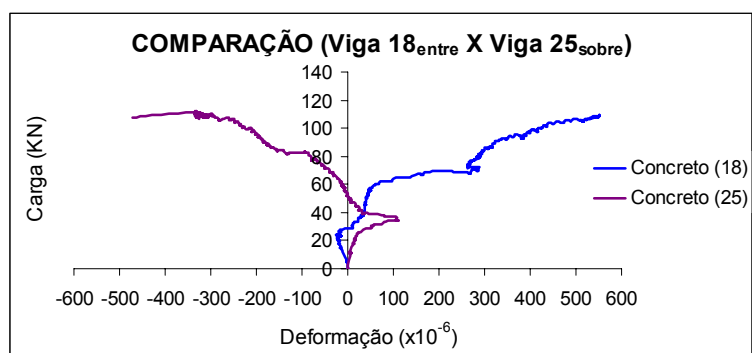


Figura 6.64 – Comparação das deformações no concreto (grupo dos laminados).

➤ *Sika® CarboShear L*

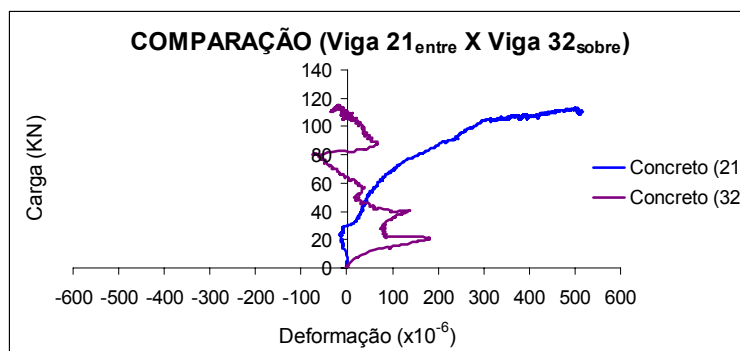


Figura 6.65 – Comparação das deformações no concreto (grupo dos laminados em L).

• Comparação para os estribos

➤ *Sika® CarboShear L*

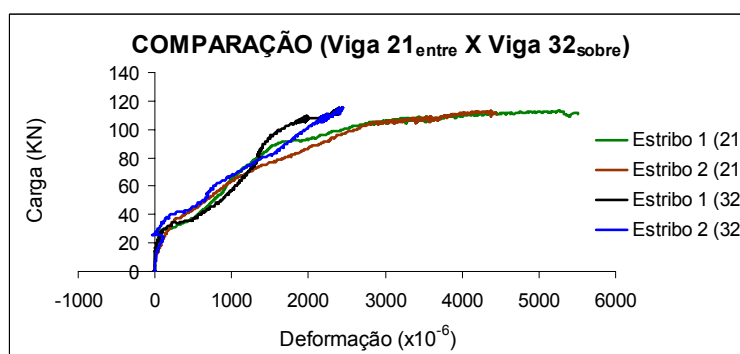


Figura 6.66 – Comparação das deformações nos estribos (grupo dos laminados em L).

• Comparação nos compostos de PRFC

➤ *Sika® CarboDur*

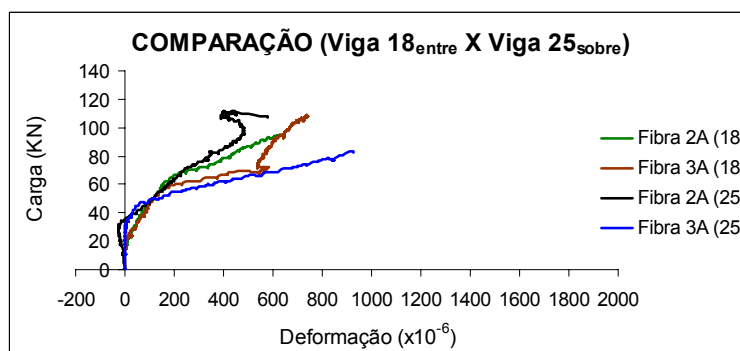


Figura 6.67 – Comparação das deformações nos compostos de PRFC (grupo dos laminados).

➤ *Sika® CarboShear L*

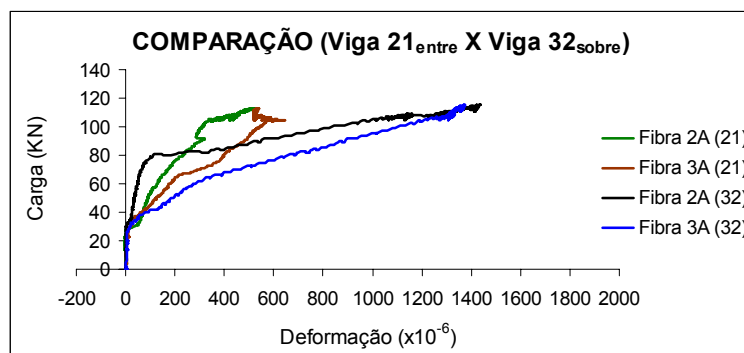


Figura 6.68 – Comparação das deformações nos compósitos de PRFC (grupo dos laminados em L).

6.7. PANORAMA DE FISSURAÇÃO DAS VIGAS

As figuras 6.69 a 6.76 apresentam o aspecto final de algumas vigas analisadas após a realização dos ensaios, sendo possível observar os modos de ruptura e o panorama de fissuração final instalado.

De cada conjunto de vigas em que foram utilizados o mesmo sistema de reforço, foram selecionadas algumas vigas mais representativas.

A viga testemunho rompeu-se devido ao desenvolvimento de uma fissura diagonal que foi-se propagando com o aumento da carga, desde o apoio até o ponto de aplicação desta. Esta fissura (Figura 6.69) apresentou um ângulo de aproximadamente $55,16^\circ$, na metade da face da viga. O padrão de fissuração não foi extenso, ocorrendo além da fissura diagonal de cisalhamento, poucas fissuras de flexão.

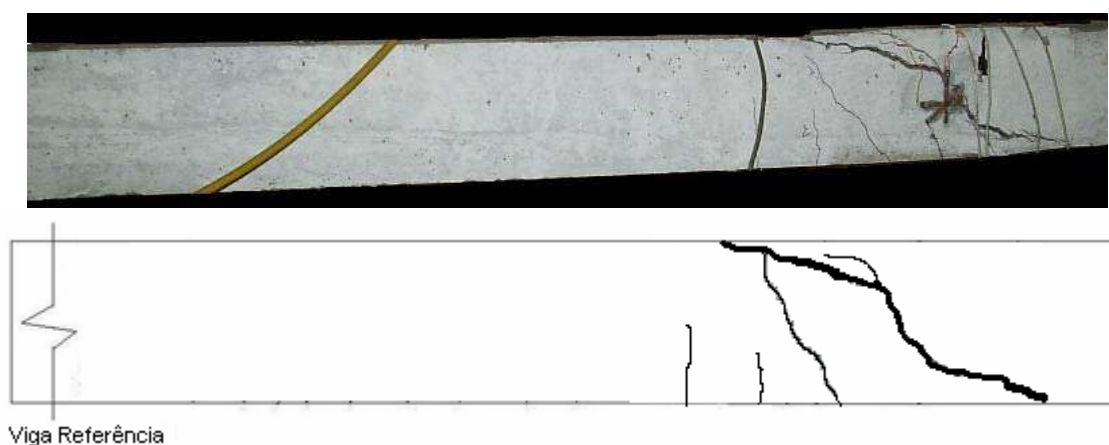


Figura 6.69 – Panorama de fissuração da Viga Referência.

Para as vigas que romperam a flexão, observou-se que o padrão de fissuração foi mais difuso quanto maior foi a capacidade resistente das vigas. As fissuras eram distribuídas em grandes extensões das vigas.

A viga V27 (Figura 6.70) do grupo dos laminados embutidos na espessura apresentou um padrão de fissuração extenso ao longo de seu comprimento, onde foram formadas pequenas fissuras de flexão.

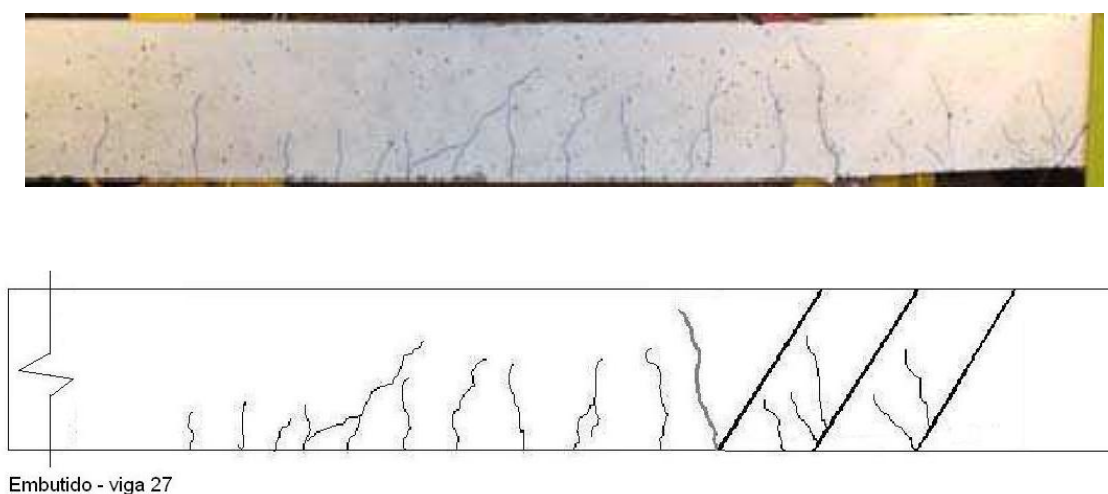
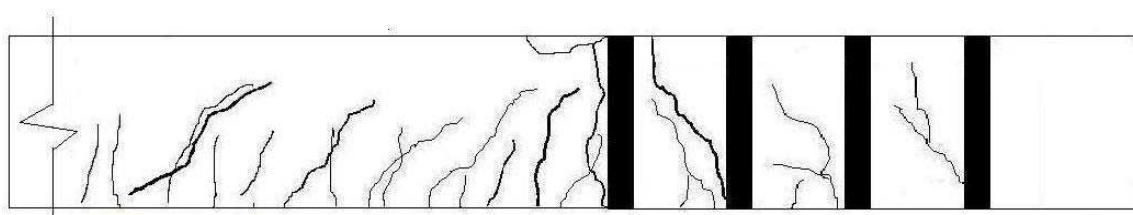


Figura 6.70 – Panorama de fissuração da Viga V27.

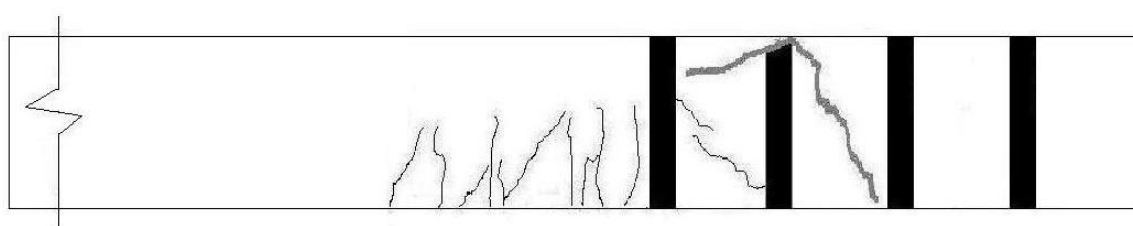
As vigas V22 e V25 (Figuras 6.71 e 6.72) são do grupo dos laminados colados nas faces laterais. A viga V22 apresentou fissuras de flexão e cisalhamento em uma grande extensão da viga. O panorama de fissuração é típico daquele que favorece o acréscimo de carga comprovado pelo bom desempenho de atingir um incremento de 372,07%. Entretanto a viga V25 apresentou abertura de uma fissura diagonal após descolamento da segunda lâmina. Pequenas fissuras de cisalhamento e flexão desenvolveram-se numa pequena região da viga.

Rosenboom *et al* (2007) por meio de observação experimental e de modelos analíticos afirmaram que as tensões de cisalhamento de interface concreto/ laminado ao longo do comprimento da viga reforçada vêm de duas fontes distintas: da carga aplicada e das concentrações de tensões nas extremidades das fissuras de flexão.



Laminados entre estribos - viga 22

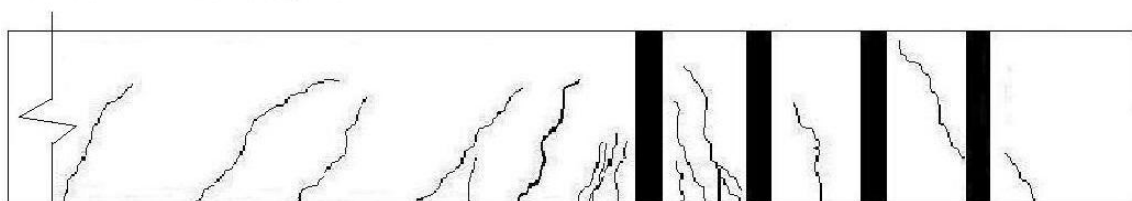
Figura 6.71 – Panorama de fissuração da Viga V22.



Laminados sobre estribos - viga 25

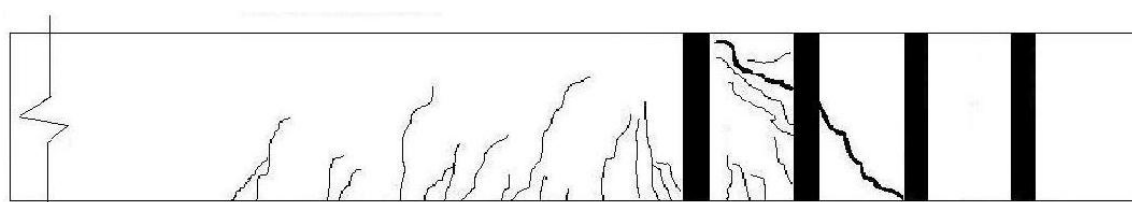
Figura 6.72 – Panorama de fissuração da Viga V25.

Nas vigas V31 e V33 (Figuras 6.73 e 6.74) do grupo dos laminados em L, tiveram um padrão de fissuração semelhante ao dos laminados colados. A viga V33 apresentou uma fissura diagonal de cisalhamento com descolamento de uma lâmina, entretanto o sistema de reforço laminado em L garantiu um bom desempenho.



Laminados em L entre estribos - viga 31

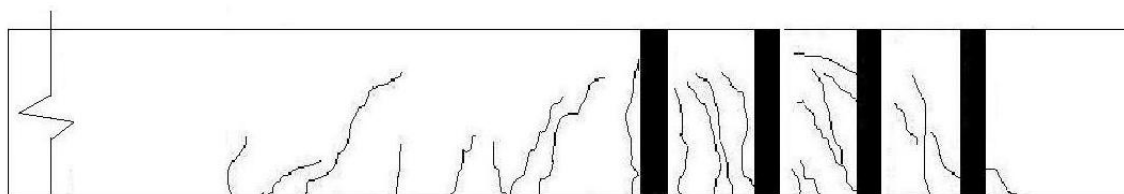
Figura 6.73 – Panorama de fissuração da Viga V31.



Laminados em L sobre estribos - viga 33

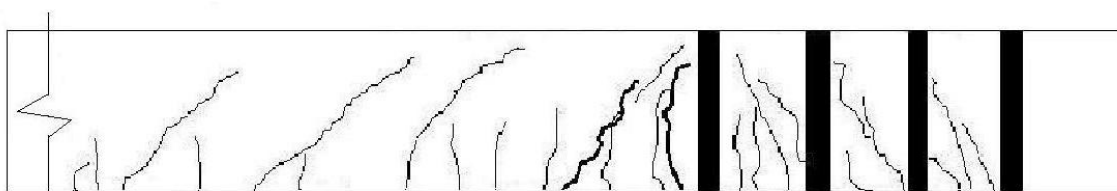
Figura 6.74 – Panorama de fissuração da Viga V33.

As vigas V29 e V28 (Figuras 6.75 e 6.76) apresentaram pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ao longo de uma grande extensão das vigas, comprovando a eficiência do sistema de reforço que utilizou tiras de tecidos em envolvimento total.



Tecido entre estribos - viga 29

Figura 6.75 – Panorama de fissuração da Viga V29.



Tecido sobre estribos - viga 28

Figura 6.76 – Panorama de fissuração da Viga V28.

Comparando-se todos os sistemas estudados pode-se deduzir que:

- i.) os conjuntos de vigas que apresentaram maior homogeneidade foram aqueles que utilizaram sistemas de laminados embutidos na espessura e tiras de tecido em envolvimento total, ou seja, os que possuíam melhor ancoragem.
- ii.) Os conjuntos de vigas que apresentaram maior heterogeneidade foram aqueles que utilizaram laminados embutidos na largura, laminados embutidos com faixa adicional e os laminados colados nas laterais.

- iii.) O conjunto que apresentou uma menor uniformidade entre os resultados foi o sistema dos laminados colados na lateral.
- iv.) A viga que mais resistiu foi a Viga V6 do conjunto dos laminados embutidos na espessura.
- v.) A viga que apresentou a maior flecha foi a Viga V10, também do grupo dos laminados embutidos na espessura.

6.8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.8.1. Comparação teórico-experimental

Os resultados obtidos experimentalmente foram comparados com valores obtidos utilizando-se expressões analíticas. Para a determinação da contribuição do concreto e da armadura transversal, foram utilizados o critério da NBR 6118 (2003) modelo 1, do Eurocode 2 (1992), do Zsutty (1968), da ACI 318M (1997) e da CEB-FIP (1990).

A contribuição do PRFC foi obtida utilizando-se expressões propostas pelo ACI 440 (2002), pela *Fib-bulletin 14* (2001), por De Lorenzis (2002) e pelas Recomendações do EMPA (1998).

Segundo Colotti *et al.* (2004) o modelo proposto pelo Comitê do ACI 440 2R (2002), aplica-se somente para vigas de concreto armado reforçadas externamente com materiais de PRFC. O método baseia-se na formulação clássica da resistência ao cisalhamento para vigas usuais de concreto armado através da adição da contribuição do reforço externo ao cisalhamento para a obtenção da capacidade resistente ao cisalhamento. Os autores ainda afirmam que o modelo proposto pela *fib bulletin 14* (2001), propõe uma simples modelagem aproximada para a avaliação da capacidade resistente ao cisalhamento de vigas de concreto armado, nas quais, a contribuição do reforço ao cisalhamento de PRFC externamente colado é calculado através de equações obtidas da combinação de deduções qualitativas calibradas com resultados experimentais.

Após análise dos resultados analíticos para contribuição do concreto e da armadura transversal foi confirmado que o modelo proposto por Zsutty (1968), foi o que mais se

aproximou do valor obtido experimentalmente. Assim, este resultado foi adicionado aos valores das contribuições do PRFC, com o objetivo de uniformizar a contribuição do concreto e do aço da armadura transversal na resistência ao cisalhamento.

A Tabela 6.6 mostra a comparação dos valores obtidos através de modelos analíticos para determinação da contribuição do concreto e do aço da armadura transversal com o valor experimental.

Tabela 6.6 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para contribuição do concreto e do aço para a Viga de Referência.

| MODELO | TEÓRICO | | | EXPERIMENTAL | | |
|------------------------|-------------|---------|---------|--------------|---------|------------|
| | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. |
| 1-Modelo 1 da NBR-6118 | 35,123 | 35,123 | 49,039 | 55,66 | 77,71 | 1,37 |
| 3-Eurocode 2 (1992) | 34,764 | 34,764 | 48,537 | | | 1,38 |
| 4-Zsutty (1968) | 43,072 | 43,072 | 60,137 | | | 1,14 |
| 5-ACI-318M (1997) | 25,309 | 25,309 | 35,336 | | | 1,80 |
| 6-Fib-1999 | 29,642 | 29,642 | 41,386 | | | 1,58 |

As tabelas 6.7 a 6.11, exibem a comparação dos resultados obtidos experimentalmente com as prescrições normativas da fib (2001) e do ACI (2002), para os laminados colados nas laterais (Sika[®] CarboDur), e para o tecido em tiras colado em envolvimento total (SikaWrap).

Tabela 6.7 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para os laminados colados nas laterais (Sika[®] CarboDur S512).

| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | | | | | PRESCRIÇÕES NORMATIVAS | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|------------|------------|---------|---------|------------|
| VIGAS | Vf (kN) | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | fib (2001) | | | | ACI (2002) | | | |
| | | | | | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. |
| V16 | 10,46 | 55,66 | 66,12 | 92,32 | 22,46 | 65,53 | 91,48 | 1,01 | 5,60 | 48,67 | 67,94 | 1,36 |
| V18 | 22,35 | | 78,01 | 108,92 | | | | 1,19 | | | | 1,60 |
| V22 | 27,16 | | 82,82 | 115,64 | | | | 1,26 | | | | 1,70 |
| V26 | 13,33 | | 68,99 | 96,32 | | | | 1,05 | | | | 1,42 |
| V30 | 0,92 | | 56,58 | 79,00 | | | | 0,86 | | | | 1,16 |
| V35 | 30,30 | | 85,96 | 120,02 | | | | 1,31 | | | | 1,77 |
| V17 | 10,79 | | 66,45 | 92,78 | | | | 1,01 | | | | 1,37 |
| V23 | 13,44 | | 69,10 | 96,48 | | | | 1,05 | | | | 1,42 |
| V24 | 0,00 | | 55,36 | 77,30 | | | | 0,84 | | | | 1,14 |
| V25 | 24,54 | | 80,20 | 111,98 | | | | 1,22 | | | | 1,65 |
| Média | | | | | | | | | | | | |
| Des. Padrão | | 10,55 | | | | | 0,1610 | | | | 0,2168 | |
| Coef. Variação | | | | | | | 14,87% | | | | 14,87% | |

Observando-se os resultados apresentados na tabela 6.7, pode-se concluir que:

- i.) o critério proposto pela fib (2001), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 8,30 % acima da ideal, e com baixo coeficiente de variação;
- ii.) o critério de projeto proposto pelo ACI (2002) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 45,82 %, acima do ideal.

Tabela 6.8 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para o tecido colado em envolvimento total (SikaWrap 230C).

| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | | | | | PRESCRIÇÕES NORMATIVAS | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------------|---------|---------|------------------------|---------|--------------|------------|------------|---------|---------|--------------|
| | | | | | fib (2001) | | | | ACI (2002) | | | |
| VIGAS | Vf (kN) | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. |
| V29 (90°) | 30,29 | 55,66 | 85,95 | 120,00 | 8,70 | 51,77 | 72,27 | 1,66 | 16,88 | 59,95 | 83,69 | 1,43 |
| V37 (90°) | 27,13 | | 82,79 | 115,60 | | | | 1,60 | | | | 1,38 |
| V28 (90°) | 26,28 | | 81,94 | 114,40 | | | | 1,58 | | | | 1,37 |
| V36 (90°) | 30,64 | | 86,30 | 120,50 | | | | 1,67 | | | | 1,44 |
| V34 (45°) | 26,42 | | 82,08 | 114,60 | 12,30 | 55,37 | 77,30 | 1,48 | 23,87 | 66,94 | 107,57 | 1,07 |
| V38 (45°) | 29,07 | | 84,73 | 118,30 | 1,53 | 1,10 | | | | | | |
| Média | | | | | | | 1,6275 | | | | | 1,4054 |
| Des. Padrão | | | 2,20 | | | | (90°) 0,0426 | | | | | (90°) 0,0368 |
| Coef. Variação | | | | | | | 2,62% | | | | | 2,62% |
| Média | | | | | | | 1,5064 | | | | | 1,0826 |
| Des. Padrão | | | 1,87 | | | | (45°) 0,0338 | | | | | (45°) 0,0243 |
| Coef. Variação | | | | | | | 2,25% | | | | | 2,25% |

Levando em conta os resultados apresentados na Tabela 6.8, deduz-se que:

- i.) o critério proposto pelo ACI (2002), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 40,54 % para as tiras de tecido coladas a 90° e 8,26 % para as tiras de tecido coladas a 45°, acima da ideal, e apresentou ainda baixo coeficiente de variação.
- ii.) o critério de projeto proposto pela fib (2001) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 62,75 % para as tiras de tecido coladas a 90° e 50,64 % para as tiras de tecido coladas a 45°, acima do ideal.

Tabela 6.9 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para lâminas embutidas no sentido da sua largura (Sika® CarboDur S512).

| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | | | | | CRITÉRIOS DE PROJETO | | | | | | | |
|--------------------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|----------------|
| VIGAS | Vf (kN) | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | fib (2001) | | | | ACI (2002) | | | |
| | | | | | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./ Teór. | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./ Teór. |
| V8 | 23,84 | 55,66 | 79,50 | 111,00 | 17,95 | 61,02 | 85,19 | 1,30 | 10,43 | 53,50 | 74,69 | 1,49 |
| V9 | 11,23 | | 66,89 | 93,40 | | | | 1,10 | | | | 1,25 |
| V11 | 28,98 | | 84,64 | 118,17 | | | | 1,39 | | | | 1,58 |
| V12 | 11,54 | | 67,20 | 93,83 | | | | 1,10 | | | | 1,26 |
| V13 | 29,03 | | 84,69 | 118,25 | | | | 1,39 | | | | 1,58 |
| V14 | 21,35 | | 77,01 | 107,53 | | | | 1,26 | | | | 1,44 |
| V15 | 8,76 | | 64,42 | 89,94 | | | | 1,06 | | | | 1,20 |
| Média | | | | | | | | 1,2278 | | | | 1,4004 |
| Des. Padrão | 8,66 | | | | 0,1419 | | | | 0,1618 | | | |
| Coef. Variação | | | | | 11,56% | | | | 11,56% | | | |

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 6.9, pode-se observar que:

- i.) o critério proposto pelo fib (2001), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 22,78 % acima da ideal, e também com baixo coeficiente de variação.
- ii.) o critério de projeto proposto pelo ACI (2002) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 40,04 % acima do ideal.

Para os laminados colados em U, para fins de comparação analítica, foram utilizadas três prescrições normativas (Tabela 6.10).

O dimensionamento preliminar proposto pelo EMPA através de um projeto de investigações de três anos, baseia-se em ensaios prévios, e portanto não pode ser considerado como definitivo, devendo ser utilizado com precaução e levando em conta os fatores que influenciam a capacidade resistente ao cisalhamento em estruturas de concreto armado (BOLETIM DE ENSAIOS DO EMPA, 1998).

Tabela 6.10 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para laminados em U (Sika® CarboShear L 4/20/50).

| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | | | | | PRESCRIÇÕES NORMATIVAS | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|------------|------------|---------|---------|------------|-------------------------|---------|---------|------------|
| | | | | | fib (2001) | | | | ACI (2002) | | | | Proposta do EMPA (1998) | | | |
| VIGAS | Vf (kN) | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. |
| V19 | 19,70 | 55,66 | 75,36 | 105,22 | 20,89 | 63,96 | 89,29 | 1,18 | 35,44 | 78,52 | 109,61 | 0,96 | 106,78 | 149,85 | 209,19 | 0,50 |
| V20 | 26,30 | | 81,96 | 114,43 | | | | 1,28 | | | | 1,04 | | | | |
| V21 | 25,41 | | 81,07 | 113,19 | | | | 1,27 | | | | 1,03 | | | | |
| V31 | 28,50 | | 84,16 | 117,50 | | | | 1,32 | | | | 1,07 | | | | |
| V32 | 27,85 | | 83,51 | 116,60 | | | | 1,31 | | | | 1,06 | | | | |
| V33 | 26,92 | | 82,58 | 115,30 | | | | 1,29 | | | | 1,05 | | | | |
| Média | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Des. Padrão | | | 3,17 | | | | 0,0496 | | | | | 0,0404 | | | | 0,0212 |
| Coef. Variação | | | | | | | 3,90% | | | | | 3,90% | | | | 3,90% |

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 6.10, pode-se observar que:

- i.) o critério proposto pelo ACI (2002), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 3,74 % acima da ideal, e com baixo coeficiente de variação.
- ii.) o critério de projeto proposto pela fib (2001) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 27,34 % acima do ideal.
- iii.) O critério do EMPA (1998), apresentou resultados extremamente distantes dos valores encontrados experimentalmente.

Os laminados inseridos no concreto de recobrimento segundo De Lorenzis (2002) condicionam a contribuição do PRFC para resistência ao esforço cortante (Vf), de uma determinada seção de concreto armado reforçada ao cisalhamento laminados de PRFC a dois fatores:

1. A resistência da ligação colada (contribuição do PRFC para o reforço nestas condições)
2. pela limitação do alongamento máximo do PRFC a 4 %.

Escolhe-se como a contribuição do PRFC para o valor do esforço cortante resistente o menor destes dois fatores.

Tabela 6.11 – Comparação dos valores analíticos com o valor experimental para lâminas embutidas no sentido da sua espessura (Sika® CarboDur S512).

| RESULTADOS EXPERIMENTAIS | | | | | CRITÉRIOS DE PROJETO | | | |
|--------------------------|---------|-------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|------------|
| | | | | | Proposta de DE LORENZIS | | | |
| VIGAS | Vf (kN) | Vc+Vsw (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Vf (kN) | Vu (kN) | Pu (kN) | Exp./Teór. |
| V6 | 36,63 | 55,66 | 92,29 | 128,86 | 32,40 | 75,472 | 105,359 | 1,22 |
| V7 | 28,93 | | 84,59 | 118,10 | | | | 1,12 |
| V10 | 29,27 | | 84,93 | 118,58 | | | | 1,13 |
| V27 | 28,35 | | 84,01 | 117,30 | | | | 1,11 |
| Média | | | | | | | | 1,1457 |
| Des. Padrão | | | | | 3,91 | | | 0,0518 |
| Coef. Variação | | | | | | | | 4,52% |

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 6.11, pode-se concluir que o critério proposto por De Lorenzis (2002) apresentou resultado próximo dos experimentais. A média da razão entre eles é de 14,57 % acima do ideal, mostrando-se conservador. Os valores experimentais indicaram um baixo coeficiente de variação.

6.8.2. Considerações finais

A análise dos resultados apresentados e observações feitas durante a realização dos ensaios experimentais conduziram as conclusões que são descritas a seguir.

Os sistemas que utilizaram laminados colados nas laterais e lâminas embutidas no sentido da sua largura, apresentaram maior desvio padrão em relação aos valores da capacidade resistente total, mostrando uma variabilidade considerável entre os resultados experimentais. Mesmo utilizando-se estratégias para aumentar a aderência entre as lâminas e o concreto, o problema encontra-se na falta de ancoragem. Estes sistemas seriam os menos recomendados para fins práticos.

O sistema que utilizou tecido colado em envolvimento total, demonstrou menor variabilidade entre valores da capacidade resistente total, indicada pelo baixo desvio padrão. Entretanto apresenta problemas na execução pois para envolver completamente uma viga seria necessário abrir fendas nas lajes o que torna este sistema na prática, desvantajoso.

O sistema que utilizou laminado colado em U com transposição apresentou os valores dos resultados experimentais menores que os teóricos sendo que o critério proposto pelo ACI (2002) foi o que chegou mais próximo. Este sistema garantiu constância e eficácia

nos resultados e ofereceu incrementos de carga e de deslocamento para uma viga V33 que teve uma lâmina descolada e possuía uma fissura diagonal de cisalhamento.

O sistema que utilizou laminados inseridos no concreto de recobrimento apresentou resultados experimentais próximos dos teóricos. Verificou-se ainda nos ensaios que este sistema de reforço garantia segurança eficiência e economia. Destaca-se ainda a sua facilidade de execução.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1. CONCLUSÕES

Através dos diferentes capítulos que compõem este trabalho de investigação, foram realizados diversas observações, discussões e comentários importantes, os quais têm relação direta com os objetivos mencionados no princípio desta tese. A seguir far-se-á uma revisão de todas estas considerações com o propósito de satisfazer tanto o objetivo geral do que parte este estudo, como cada um dos objetivos específicos.

Na revisão bibliográfica apresentada neste trabalho, verificou-se que a investigação referente à utilização de PRFs como reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado no seu início utilizava protótipos sem armadura transversal. Assim, a equação recomendada pela maioria dos códigos normativos ($V_n = V_c + V_{sw} + V_f$), baseada no modelo de treliça, era reduzida a ($V_n = V_c + V_f$). A partir de 2004 passou-se a utilizar protótipos armados transversalmente e constatou-se que é necessário abordar este tema com mais profundidade para poder propor soluções alternativas que permitam quantificar melhor a eficiência da parcela V_{sw} , com a finalidade de se propor critérios com bases de dimensionamento mais bem fundamentados.

Verificou-se ainda que a utilização de sistemas de reforços ao cisalhamento com tecidos ou mantas envolvendo total ou parcialmente as vigas garantem maior capacidade de carga pois “envolvem” outras solicitações além do cisalhamento.

O principal objetivo do reforço ao cisalhamento é evitar a ruptura frágil. Pode-se destacar que uma grande maioria de vigas estudadas neste trabalho rompeu por flexão.

Quanto ao ganho de carga pode-se destacar que as vigas que foram reforçadas com o laminado embutido no sentido da espessura da lâmina tiveram excelente desempenho em termos de incremento de carga e aumento de ductilidade. Todas as vigas ensaiadas apresentaram desempenho semelhante não havendo descolamento de nenhuma lâmina e os

colapsos ocorreram por flexão. Em termos de ductilidade é notório que neste programa experimental o sistema que utilizou os laminados embutidos no sentido da espessura da lâmina de reforço atingiu 538,74% de acréscimo em relação à viga testemunho. Todavia as vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto de recobrimento no sentido da largura do laminado não tiveram desempenho semelhante. O incremento de carga foi menor assim como a ductilidade.

O sistema de reforço composto por laminados embutidos e uma faixa adicional apresentaram descolamento da faixa adicional e ainda, compressão excessiva na parte superior da viga e tração excessiva na parte inferior ocorrendo a ruptura de estribos. Apesar das vigas apresentarem um razoável aumento de carga, o incremento de deslocamento foi baixo e os rompimentos ocorreram na maioria das vigas por cisalhamento.

As vigas do grupo que utilizou como sistema de reforço laminados colados nas faces das vigas apresentaram comportamento irregular em função de suas características de aceitar somente a colagem do reforço nas laterais, sendo esta a única opção de ancoragem. Assim o modo de ruptura foi controlado pelo descolamento do reforço. Algumas vigas tiveram um modo de ruptura frágil ocasionado pelo descolamento de faixas de laminado no vão de cisalhamento com as cargas ainda baixas, em torno de 50kN. Este fato ocasionou a abertura excessiva de uma fissura de cisalhamento e pela formação de pequenas fissuras de flexão e cisalhamento ao longo da viga, ocorrendo também o rompimento da armadura transversal. Outras demais vigas apresentaram ruptura dúctil, pois se romperam por fissuras de flexão apresentando ainda alta ductilidade.

As vigas do grupo que foram reforçadas com o laminado em L romperam por flexão, onde a região de tração atingiu o seu máximo e apresentaram pequenas fissuras de cisalhamento e flexão ao longo da viga. Nestas vigas a carga residual do valor próximo da correspondente carga máxima foi mantida até flechas elevadas.

O sistema de reforço que utilizou faixas de tecido de PRFC apresentou um bom desempenho, apresentando constância nos resultados dos protótipos ensaiados. Destaca-se que este sistema possuía excelente ancoragem pois as faixas foram coladas envolvendo todos os lados das vigas.

Através da comparação dos dados obtidos através da análise experimental dos diferentes sistemas de reforços ao cisalhamento propostos constatou-se que os sistemas de

reforços com laminados garantiram um aumento em torno de 50% das suas capacidades de carga das vigas. O melhor desempenho dos laminados é relativo à ductilidade. As vigas que não tiveram descolamento do sistema de reforço atingiram deslocamentos entre 300% e 470% superiores ao da viga referência.

O melhor desempenho dos sistemas que utilizaram laminados foi o fornecido pelo sistema de laminados inseridos no concreto de recobrimento. Em termos de ductilidade neste programa experimental, este sistema de reforço atingiu 538.74%. As vigas reforçadas com laminados inseridos no concreto de recobrimento apresentaram modo de ruptura mais dúctil que o verificado no sistema que utilizou tecido de PRFC ou laminados colados nas faces das vigas.

Quanto à percentagem utilizada de PRFC de um modo geral é possível verificar que, independentemente da percentagem de PRFC, a solução com laminados inseridos na sua espessura foi mais eficaz que a solução de laminados inseridos na sua largura. Em termos da menor percentagem de PRFC aplicado o ganho de resistência da solução de reforço com laminado embutido na espessura foi superior a todas outras soluções. Também, com uma percentagem de PRFC um pouco maior, o sistema que utilizou laminados embutidos acrescidos da faixa adicional apresentou desempenho semelhante ao sistema de laminados inseridos no sentido de sua espessura. A solução de laminados verticais não trouxe grandes benefícios em termos de capacidade máxima de carga, pois o descolamento precoce do reforço prejudicou muito seu desempenho. Analisando os dados relativos às vigas reforçadas com laminados em L verifica-se que o desempenho registrado nesta solução é melhor que o do laminado comum e assemelha-se aos sistemas que utilizaram laminados embutidos, porém a quantidade de PRFC utilizada é superior a todos os outros sistemas. Efetivamente, foi a solução de laminados inseridos no concreto de recobrimento que correspondeu a menor quantidade de PRFC e maior percentagem de acréscimo de carga. Algo de semelhante aconteceu para o sistema de reforço que utilizou tecido colado em faixas, mas em envolvimento total, proporcionando um acréscimo de capacidade de carga semelhante ao registrado nas melhores soluções já descritas.

Quando foram comparados os modelos teóricos com os experimentais para o sistema que utilizou laminado colado nas laterais conclui-se que o critério proposto pela fib (2001), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 8,30 % acima da ideal, e com baixo coeficiente de variação e o critério proposto pelo ACI

(2002) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 45,82 %, acima do ideal.

No sistema que utilizou tiras de tecido o critério proposto pelo ACI (2002), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 40,54 % para as tiras de tecido coladas a 90° e 8,26 % para as tiras de tecido coladas a 45°, acima da ideal, e apresentou ainda baixo coeficiente de variação. O critério proposto pela fib (2001) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 62,75 % para as tiras de tecido coladas a 90° e 50,64 % para as tiras de tecido coladas a 45°, acima do ideal.

Quando os laminados foram inseridos no sentido de sua largura, o critério proposto pela fib (2001), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 22,78 % acima da ideal, e também com baixo coeficiente de variação. O critério proposto pelo ACI (2002) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 40,04 % acima do ideal.

Para o sistema de reforço que utilizou laminados em L o critério proposto pelo ACI (2002), apresentou resultado mais próximo dos experimentais, com a média da razão entre eles de 3,74 % acima da ideal, e com baixo coeficiente de variação. Por sua vez o critério proposto pela fib (2001) mostrou-se mais conservador, com a média da razão entre os resultados experimentais e teóricos de 27,34 % acima do ideal.

O sistema que utilizou laminado inserido na sua espessura o critério proposto por De Lorenzis (2002) apresentou resultado próximo dos experimentais. A média da razão entre eles foi de 14,57 % acima do ideal, mostrando-se conservador. Os valores experimentais indicaram um baixo coeficiente de variação.

Analisando as informações acima, pode-se concluir que os sistemas de reforço que utilizaram laminados colados nas laterais e lâminas embutidas no sentido da sua largura, mostraram uma variabilidade considerável entre os resultados experimentais. Estes sistemas de reforço seriam os menos recomendados para fins práticos.

Quando foi utilizado tecido colado em tiras em envolvimento total, ocorreu menor variabilidade entre valores da capacidade resistente total. Entretanto apresenta problemas na

execução pois para envolver completamente uma viga seria necessário abrir fendas nas lajes o que torna este sistema na prática, desvantajoso.

O sistema que utilizou laminado colado em U com transposição garantiu constância e eficácia nos resultados e ofereceu incrementos de carga e de deslocamento para vigas com lâminas descoladas.

O melhor desempenho deve ser atribuído aos laminados inseridos, pois apresentaram alta eficácia, não ocorreu desprendimento das lâminas e aumentou consideravelmente a capacidade resistente ao cisalhamento. Ainda pode-se acrescentar a extraordinária ductilidade que este sistema proporcionou às vigas reforçadas. Esta técnica de reforço quando comparada com os laminados externamente colados apresenta vantagens sobre todos os aspectos e quando comparada com a técnica que recorre à colagem externa de tecidos de PRFC é mais fácil e rápida de ser executada além de ser mais econômica.

A utilização de compósitos de PRFC colados externamente como elementos resistentes ao esforço cortante permite aumentos significativos na capacidade de carga das vigas de concreto armado. Após atingir a carga máxima, as vigas reforçadas com laminados apresentaram uma grande capacidade residual, demonstrativo da sua alta ductilidade para grandes deformações.

7.2.SUGESTÕES PARA FUTURAS LINHAS DE INVESTIGAÇÃO

Ao longo deste trabalho de investigação realizaram-se vários comentários referentes a futuras linhas de investigação que seria interessante desenvolver, dando assim continuidade a esta tese de doutorado. A seguir expor-se-ão brevemente algumas sugestões.

Estudar com mais profundidade a relação entre a tensão de cisalhamento e o deslizamento na interface concreto laminado (*bond stress-slip*).

Propor melhorias nos sistemas de ancoragem e um estudo mais aprofundado sobre o descolamento do reforço principalmente para vigas reforçadas com laminados.

Sabe-se que o ganho de carga devido ao PRFC é ditado mais pela resistência à compressão do concreto do que pela rigidez do PRFC. Sugere-se que seja estudado um

sistema de reforço com protótipos que apresentem diferentes resistências à compressão do concreto.

Apenas os parâmetros relativos às propriedades dos PRFs e do aço da armadura transversal não têm influência no comportamento das vigas externamente reforçadas. A relação a/d , a proporção da armadura longitudinal e a geometria da viga merecem estudos mais aprofundados.

Estudar a variação da taxa de armadura longitudinal e o melhor controle da fissuração do banzo tracionado, o que pode melhorar as condições de ancoragem do sistema de reforço com PRFC.

Analisar o comportamento de vigas reforçadas ao cisalhamento com diferentes armaduras transversais.

Utilizar os sistemas de reforço estudados neste trabalho para vigas T com a finalidade de aprofundar os conhecimentos sobre a ligação alma-mesa para estes tipos de reforços.

Estudar os laminados inseridos no concreto de recobrimento com várias inclinações das lâminas com a finalidade de avaliar as capacidades de carga.

Estudar a influência da distância entre as lâminas coladas externamente nas faces das vigas ou inseridas no concreto de recobrimento.

REFERÊNCIAS

- 1- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR-6118. Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro; 2003.
- 2- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR-6118. Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro; 1978.
- 3- ADHIKARY, B.B.; MUTSUYOSHI, H.; ASHRAF, M. Shear strengthening of reinforced concrete beams using fiber-reinforced polymer sheets with bonded anchorage. *ACI Structural Journal*, v.101, n.5, *September-October*, 2004.
- 4- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 318 – Building Code Requirements for Structural Concrete. *ACI Committee 318. Detroit*, 1995.
- 5- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 440.2R-02 – Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. Farmington Hills, MI, USA, 2003.
- 6- ARAÚJO, C..M. Reforço de Vigas de Concreto à Flexão e ao Cisalhamento com Tecidos de Fibra de Carbono. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. 119p.
- 7- AVILÉS, G.L. Estudio Experimental Sobre el Refuerzo a Cortante de Estructuras de Hormigón Mediante Materiales Compuestos. Tese de Doutorado- Universidad Politécnica De Cataluña, Barcelona, Espanha, 2002.
- 8- BARROS J.A.O.; FORTES A.S., Concrete Beams Reinforced with Carbon Laminates Bonded into Slits. *5º Congresso de Métodos Numéricos en Ingeniería*, Madrid, 2002.

- 9- BEBER, A.J. Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono, Tese de Doutorado- CPCEG/UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 2003.
- 10- BECKWITH, S.; MUTEL, F. Composites Market in Europe Compares with the U.S.:Mid East Presents Ground Level Challenges Composites Manufacturing, Arlington, VA., p. 38–42, January 2005
- 11- BOLETIM DE ENSAIO EMPA, Avaliação de laminados de CFRP ao Esforço Cortante em Vigas T de Concreto Armado, *Dübenford*, Suíça N. 169 219E/1 E 169 219E/2, 1998.
- 12- BORGES, J.U.A. GASPAR, R. TRAUTWEIN, L.M. Estudo Comparativo sobre o Cisalhamento em Vigas de Concreto Segundo a Nova NBR-6118/2002 e Outras Normas Correntes. Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto, 2, *Belo Horizonte*. IBRACON, CD-ROM. 2002.
- 13- BRITISH CONCRETE SOCIETY. Design Guidance for Strengthening Concrete Structures Using Fibre Composite Materials. *British Concrete Society Technical Report* n° 55; England, 2000.
- 14- CAROLIN, A.; TÄLJSTEN, B. Carbon Fiber Reinforced Polymers for Strengthening of Structural Elements. Doctoral Thesis, Department of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Lulea University of Technology. Lulea, Switzerland, 2003.
- 15- CAROLIN, A.; TÄLJSTEN, B. Strengthening of Concrete Structures with CFRP: Shear Strengthening and Full-scale Applications. Licentiate Thesis- *Department of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Lulea University of Technology*. Lulea, Switzerland, 2001.
- 16- CASCUDO, O. O controle da corrosão de armaduras em concreto. 1º ed. São Paulo: Pini, 1997.

- 17- CASTRO, F.A.B. Cisalhamento em Vigas de Concreto Armado – Estudo Paramétrico. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 1997.
- 18- CASTRODEZA, E. M; YAWNY, A; IPIÑA, J. E. P; BASTIAN, F. L. Estudo dos Micromecanismos de Fratura de Laminados Metálicos Reforçados por Fibras Mediante Ensaio Instrumentados no Microscópio Eletrônico de Varredura. Anales de las Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, 2000, Neuquén., Argentina SAM 2000 - IV, CD-ROM. p. 719-726, 2000.
- 19- CHAALLAL, O.; NOLLET, M.J.; PERRATON, D. Shear strengthening of RC beams by externally bonded side CFRP strips. *Journal of Construction*, v. 2, n. 2, p. 111-113, May 1998.
- 20- CHAALLAL, O.; BOUSSELHAM, A. Behavior of reinforced concrete T-beams strengthened in shear with carbon fiber-reinforced polymer - An experimental study. *ACI Structural Journal*, v.103, n.3, May-Jun 2006.
- 21- CHAALLAL, O.; BOUSSELHAM, A. Effect of transverse steel and shear span on the performance of RC beams strengthened in shear with CFRP. *Composites: Part B* 37 (2006), Ed.Elsevier, 37–46, Canada August 2005.
- 22- CHAALLAL, O.; BOUSSELHAM, A. Shear strengthening reinforced concrete beams with fiber-reinforced polymer: assessment of influencing parameters and required research. *ACI Structural Journal*, v.101, n.2, p. 219-227, Mar-Apr, 2004.
- 23- CHAJES, M.J.; JANUSKA, T.F.; MERTZ, D.R.; THOMSOM, T.A.; FINCH, W.W. Shear strengthening of reinforced concrete beams using externally applied composite fabrics. *ACI Structural Journal*, v.92, n.3, p 295-303, 1995.
- 24- CNR-DT 200/2004. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures, Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction, Rome – Italy,2004.

- 25- COLLINS, M. P.; MITCHELL, D. Prestressed concrete basics, *Ottawa: Canadian Prestressed Concrete Institute*, 1987.
- 26- COLLINS, M. P.; MITCHELL, D.; ADEBAR, P.; VECCHIO, F. J. A general shear design method. *ACI Structural Journal*, v.93, n.5, p. 36-45, Jan –Feb 1996.
- 27- COLLINS, M.P.; KUCHMA, D. How safe are our large, lightly-reinforced concrete beams, slabs and footings? *ACI Structural Journal*, v. 96, n.4, p.482-490, July-Aug 1999.
- 28- COLOTTI, V.; SPADEA, G.; SWAMY, R. N. Analytical model to evaluate failure behavior of plated reinforced concrete beams strengthened for shear. *ACI Structural Journal*, p.755-764, Nov-Dec, 2004.
- 29- CZADERSKI, C. Shear strengthening with prefabricated CFRP L-shaped plates. *Activities, material and systems for civil engineering, EMPA*, p.299 –308, 2003.
- 30- DA SILVA E.L; MENEZES E.M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. UFSC, Florianópolis, 2001.
- 31- DA SILVA, R.C; GIONGO, J.S. Modelos de bielas e tirantes aplicados a estruturas de concreto armado, EESC-USP, São Carlos, SP 2000.
- 32- DE LORENZIS, L.; NANNI, A. Bond between near-surface mounted fiber-reinforced polymer rods and concrete in structural strengthening. *ACI Structural Journal*, v. 99, n.2, p. 123-132, Mar-Apr 2002.
- 33- DE LORENZIS, L.; NANNI, A. Shear strengthening of reinforced concrete beams with near surface mounted fiber reinforced polymer rods. *ACI Structural Journal*, v. 98, n.1, p. 60-68, 2000.
- 34- DE LORENZIS, L.; NANNI, A.; MILLER, A. Bond of FRP laminates to concrete. *ACI Structural Journal*, v.9, n.4, Jul-Aug. 2000.

- 35- DEI POLI, P.; DI PRISCO, M.; GAMBAROVA, P. G. Stress field in web of RC thin-webbed beams failing in shear. *Journal of Structural Engineering*, v.116, n. 9, p. 2496-2514, Sept 1990.
- 36- DIAS, S.; BARROS, J. Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams with Laminate Strips of CFRP. Proceedings of the International Conference Composites in Constructions - CCC2003, Editoriale Bios, Edited by Domenico Bruno, Giuseppe Spadea and Narayan Swamy, Consenza, Itália, p. 289-294, 16-19 September, 2003a.
- 37- DIAS S.; BARROS J. Desempenho de distintas técnicas de reforço ao cisalhamento de vigas de betão armado com compósitos de CFRP. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*, Lisboa, Portugal, n.53, p.41-51, Outubro 2004.
- 38- DIAS, S.; BARROS, J. Materiais Compósitos de CFRP no Reforço ao Cisalhamento de Vigas de Betão Armado, .Anais do 3º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique, p.539-550, Agosto, 2003b.
- 39- DIAS, S.; BARROS, J. Reforço ao Cisalhamento de Vigas T de Betão Armado por Inserção de Laminados de CFRP. *47º Congresso Brasileiro do Concreto*, Olinda, Pernambuco, Brasil, p.445-461, Setembro ,2005.
- 40- DUTHINH, D.; CARINO, N.J. Shear Design of High-Strength Concrete Beams: A Review of the State-of-the-Art,. Building and Fire Research Laboratory, Gaithersburg, MD, USA. 1996.
- 41- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON – fib. Structural Concrete: Textbook on Behavior, Design and Performance, (Bulletins 1, 2, 3) Lausanne Switzerland, 1999.
- 42- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures. *Technical report by task group 9.3 FRP reinforcement for concrete structures, Fédération Internationale du Béton – fib Bulletin 14*, 130p. Lausanne Switzerland. Julho, 2001.

- 43- FERREIRA, D.R.S.M. Pilares de Betão Armado Reforçados com Laminados de Fibras de Carbono, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal 2000.
- 44- FUSCO P.B. Técnicas de Armar as Estruturas de Concreto”, São Paulo: PINI, 1995.
- 45- FUSCO, P.B. Estruturas de Concreto: Solicitações Tangenciais”, EPUSP, São Paulo, 1984
- 46- GALVEZ, L.E.M. Reforço ao esforço cortante em vigas de concreto armado através da colagem de mantas flexíveis de fibras de carbono (CFRP) Anais do Congresso Brasileiro de Concreto, IBRACON, I-B-018, Fortaleza, 2000.
- 47- GALVEZ, L.E.M. Reforço estrutural à cortante em vigas de concreto armado por meio de colagem externa de mantas flexíveis de fibras de carbono. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 174 f. 2003.
- 48- GRACE, N.F.; SAYED, G.A.; SOLIMAN, A.K.; SALEH, K.R. Strengthening reinforced concrete beams using fiber reinforced polymer (FRP) laminates. *ACI Structural Journal*, v. 96, n. 5, Sept- Oct 1999.
- 49- GUADAGNINI, M.; PILAKOUTAS, K.; WALDRON, P. Shear resistance of FRP RC beams: an experimental study. *Journal of Composites for Construction (ASCE)*, v.10, n. 6, p.464-473, Nov 2006.
- 50- GUADAGNINI, M.; PILOKAUTAS, K.; WALDRON, P. Investigation on shear carrying mechanisms in FRP RC beams. *Fifth International Symposium on Fiber Reinforced Polymer for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS-5)*, v. 2, p 949-958, Cambridge, UK, July 2001.
- 51- HERRERO, J. E. Refuerzo de estructuras mediante fibras de carbono. ACIES (Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de Edificación), Sesión técnica monográfica Nº 1, Cap. 2, Madrid- España, 2004.

- 52- HOLLAWAY, L. C. Development and review of advanced polymer/fibre composites used in the European construction industry”, II FC INTERNATIONAL, v. 1, n.1, may 2004.
- 53- HULL, D. An introduction to composite materials. Cambridge University Press, Great Britain. 1987.
- 54- ISAIA, G. C. Sustentabilidade do concreto ou das estruturas de concreto? Uma questão de durabilidade. Anais do 44º Congresso Anual do Instituto Brasileiro do Concreto, IBRACON, Foz do Iguaçu, PR. 2001.
- 55- JANSZE, W. Strengthening of reinforced concrete members in bending by externally bonded steel plates- design for shear and plate anchorage”. Delft University Press. The Netherlands, 1997.
- 56- JUVANDES, L.F.P Reforço e reabilitação de estruturas de betão usando materiais compósitos de CFRP .Tese de Doutorado -Universidade do Porto Faculdade de Engenharia (DEC) Porto Portugal, 1999.
- 57- JUVANDES, L.F.P.; MARQUES, A.T.; FIGUEIRAS, J.A. Materiais compósitos no reforço de estruturas de betão. Relatório Técnico- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 112p., 1996
- 58- KACHLAKEV, D. Strengthening structures using FRP composite materials. *disponível em <http://www.ceenve.calpoy.edu/kachlakev>* Acesso em 15 mar. 2005.
- 59- KACHLAKEV, D.; McCURRY, D.D. Behavior of full-scale reinforced concrete beams retrofitted for shear and flexural with FRP laminates. *Composites Part B : engineering*, Elsevier, n 31 ,pp 445-452 USA, 2000.
- 60- KANABUKO, T. The effect of stiffness of externally bonded FRP in RC beams subjected to shear”. *FRPRCS-5*, Thomas Telford, London, 2001.
- 61- KHALIFA, A.; NANNI, A. Anchorage of surface mounted FRP reinforcement. *Concrete International: Design and Construction*, v. 21, n.10, p. 49-54, Oct 1999.

- 62- KHALIFA, A.; NANNI, A. Contribution of externally bonded FRP shear capacity of flexural members. *Journal of Composites for Construction*, v. 2, n.4, p. 195-202, Nov 1998.
- 63- KHALIFA, A.; NANNI, A. Improving shear capacity of existing RC T-section beams using CFRP composites. *Cement and Concrete Composites*, v. 22, n.° 2, p. 165-174, 2000a.
- 64- KHALIFA, A.; NANNI, A. Shear performance of RC members strengthened with externally bonded FRP wraps. *World Conference on Earthquake Engineering 12, 2000. Auckland. Proceeding Jan.*, Feb. 2000b.
- 65- KHALIFA, A.; NANNI, A. Rehabilitation of rectangular simply supported RC beams with shear deficiencies using FRP composites. *Construction and Building Materials*, 2002.
- 66- KOTSOVOS, M.D. Behavior of beams with shear span-to-depth ratios greater than 2.5". *ACI Structural Journal*, v.83, n.6, p1026-1034. , Nov-Dec 1986.
- 67- KOTSOVOS, M. D. Mechanisms of shear failure. *Magazine of Concrete Research*, v. 35, n. 123, p. 99-105, June 1983.
- 68- LAVASELLI, P.S.P. Capacidad resistente a cortante de elementos de hormigón armado con bajas cuantías de armadura longitudinal y sin armadura transversal. Determinación de la sección de comparación. Trabajo de Investigación Tutelado- Universidad Politécnica de Madrid, Espanha, 2004.
- 69- LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. *Construções de Concreto*, v.1, Editora Interciência, 1979.
- 70- LEONHARDT, F.; WALTHER, R. The Stuttgart Shear Tests 1961, *A translation of the articles that appeared in Beton und Stahlbetonbau*, v.56,n.12, 1961 and v.57,n.

- 2,3,6,7 and 8, 1962, *Cement and Concrete Association Library Translation No. 111, Wexham Springs, United Kingdom, 134 pp. Dec. 1964*
- 71- LÓPEZ, A. A. Estudio teórico-experimental sobre la reparación y refuerzo de puentes de dovelas con fibras de carbono, Tese de Doutorado, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2003.
- 72- MAHAIDI, R.; TAPLIN, G.; SUSA, J. Strengthening of shear-damaged reinforced concrete T-beam bridges with CFRP strips” *Disponível em <http://civil.eng.monash.edu.au>* Acesso em 22 out. 2003.
- 73- MALEK, A.M.; SAADATMANESH, H.; EHSANI, M.R. Prediction of failure load of R/C beams strengthened with FRP plate due to stress concentration at the plate end. *ACI Structural Journal*, Detroit, v. 95, n.1, p. 142-152, 1998.
- 74- MALVAR, L.J. Tensile and bond properties of GFRP reinforced bars. *ACI Materials Journal*, Detroit, v. 92, n. 3, p. 276-285, 1995.
- 75- MARTÍNEZ, R. M. Refuerzo de estructuras mediante fibras de carbono. ACIES (Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de Edificación), Sesión técnica monográfica n. 1, Cap. 1, Madrid, España, 2004.
- 76- MASTER BUILDER. Externally bonded FRP reinforcement system. *Disponível em <http://www.mbrace.com>*. Acesso em 20 abril de 2001.
- 77- MATTHYS, S. Structural behavior and design of concrete members strengthened with externally bonded FRP reinforcement D.Sc. Thesis- Ghent University, Belgium, 2000.
- 78- MBrace, “What is FRP?” *Disponível em <http://www.mbrace.com>*. Acesso em 15 mar. 2006.
- 79- MONTI G.; LIOTTA, M. A. FRP-strengthening in shear: tests and design equations”, 7th International Symposium on Fiber Reinforced Polymer

Reinforcement for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS-7), November 6-10, Kansas City, Missouri, USA, 2005.

- 80- NEPOMUCENO, A. A. Comportamiento de los morteros de reparacion frente a la carbonatacion y a la penetracion de cloruros en estructuras de hormigon armado dañadas por corrosion de armaduras, estudio mediante la tecnica de resistencia de polarizacion. Tesis (Doctoral) – Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politecnica de Madrid; Madrid, España, 1992.
- 81- NERES J., SALES, G.; YOSHITA, N. Reforço ao cisalhamento de vigas T de concreto armado com compósito de fibra de carbono. Dissertação de Mestrado em Estrutura e Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. UnB Brasília, 9 mar. 2001.
- 82- NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2.ed. São Paulo: PINI, 1997.
- 83- NORRIS, T.; SAADATMANESH, H.; EHSANI, M. Shear and flexural strengthening of R/C beams with carbon fiber sheets. *Journal of Structural Engineering*, v. 123, n. 7, p. 903-911, Jul. 1997.
- 84- OEHLERS, D.; ALI, M.; SERACINO, R. Vertical shear capacity partial interaction modeling of transversely plated RC members with steel stirrups, Proceedings of the International Symposium on Bond Behavior of FRP in Structures (BBFS 2005), Hong Kong, China, 2005.
- 85- PELLEGRINO, C.; MODENA, C. Fiber reinforced polymer shear strengthening of reinforced concrete beams with transverse steel reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, v. 6, n. 2, p. 104-111, May 2002.
- 86- PELLEGRINO, C.; MODENA, C. Fiber-reinforced polymer shear strengthening of reinforced concrete beams: experimental study and analytical modeling. *ACI Structural Journal*, v. 103, n. 5, p. 720-728, Sep-Oct. 2006.

- 87- PINTO, C. Reforço à flexão de vigas de concreto armado com fibras de carbono. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2000.
- 88- RED, C, Aerospace Will Continue to lead advanced Composites Market in 2006, Composites Manufacturing,. pp. 24 – 33, Arlington, VA,U.S.A., January 2006.
- 89- RIPPER, T; SOUZA, V.C.M. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto”, *PINI ,São Paulo, 1998.*
- 90- ROSENBOOM, O.; RIZKALLA, S. Analytical modeling of flexural debonding in CFRP strengthened reinforced or prestressed concrete beams. *FRPRCS-8, University of Patras, Patras, Greece, July 16-18, 2007*
- 91- SALLES NETO, M.; MELO, G.S.A.; NAGATO, Y. Vigas T de concreto armado reforçadas ao cisalhamento com compósitos de fibra de carbono. *2º Congresso Internacional Sobre o Comportamento de Estruturas Danificadas, DAMSTRUC, Anais, 2000.*
- 92- SÁNCHEZ FILHO, E.S. Nova Normalização Brasileira para o Concreto Estrutural”. *Editora Interciência, 1999.*
- 93- SARKAR, S.; ADWAN, O.; BOSE, B. Shear stress contributions and failure mechanisms of high strength reinforced concrete beams. *Materials and Structures*, v. 32, p. 112-116, March 1999.
- 94- SATO, Y.; UEDA, T.; TANAKA, T. Shear reinforcing effect of carbon fiber sheet attached to side of reinforced concrete beams. *Advanced Composites Materials in Bridges and Structures*, El-Badry, M. M.. Ed., pp. 621-628. 1996.
- 95- SIKA. “Guía de diseño e instalación sistema Sika® CarboDur”, Sika Colômbia S.A., Setembro, 2003. CD-ROM.
- 96- SIM, J.; KIM, G.; PARK, C.; JU, M. Shear strengthening effects with varying types of FRP materials and strengthening methods. *7th International Symposium on Fiber*

Reinforced Polymer Reinforcement for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS-7), Kansas City, Missouri, USA. November 6-10, 2005.

- 97- SOUZA, R. A., BITTENCOURT, T. N. Definição de expressões visando relacionar f_c e f_{ck} . Anais do IV Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.
- 98- STANDARD SIA 162, “Estructuras de Concreto”, Asociación de Arquitectos e Ingenieros Suizos, edición de 1989.
- 99- STRATFORD, T.; BURGOYNE, C. Shear Analysis of Concrete with Brittle Reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, p 939-948. , Nov 2003.
- 100- TAERWE, L.; KHALIL, H.; MATTHYS, S. Behavior of RC beams strengthened in shear by external CFRP sheets, *Non-metallic (FRP) reinforcement for concrete structures*, v. 1, Japan Concrete Institute,.. p. 487-490, Tokyo, Japan, 1997.
- 101- TAKEYA, T. Análise Experimental de Estruturas – Notas de Aula. EESC-USP, São Carlos, SP 2000.
- 102- TÄLJSTEN, B. Strengthening concrete beams for shear with CFRP sheets. *International Conference on Structural Faults and Repair*, Edinburgh: Engineering Techniques Press, London. 1999.
- 103- TÄLJSTEN, B. Strengthening concrete beams for shear with CFRP sheets. *Construction and Building MATERIALS, Elsevier, USA, 2003.*
- 104- TÄLJSTEN, B. Strengthening of concrete structures for shear with bonded CFRP fabrics. *Recent advances in bridge engineering*, U. Meier and R. eds. EMPA.. p. 67-74, Switzerland, 1997.
- 105- TÄLJSTEN, B.; ELFGREN, L. Strengthening concrete beams for shear using CFRP – materials: evaluation of different application methods. *Composites Part B: engineering, Elsevier, USA, 2000.*

- 106- TENG, J.G.; CHEN, J.F.; SMITH, S.T.; LAM, L. FRP strengthened RC structures. John Wiley e Sons, LTD, West Sussex, England. 2001.
- 107- THOMAS, T. C., ZHANG, H, LI-XIN. Tension Stiffening in Reinforced Concrete Membrane Elements. ACI, *Structural Journal*, v. 93, n.1, p.108-115, Jan 1996
- 108- TIMONER, S. A.; RAMOS SCHNEIDER, G.; TURMO CODERQUE, J. Influencia de la cuantía de armadura longitudinal en el comportamiento a cortante en vigas isoestáticas pretensas. *Tesina, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de la Construcció, Spaña, nov. 2005.*
- 109- TORAY INDUSTRIES, INC. Strategic business expansion of carbon fiber, TORAYCA”, Report, Japan. , April 12, 2005
- 110- TRIANTAFILLOU, T. C. Shear strengthening of reinforced concrete beams using epoxy-bonded FRP composites. *ACI Structural Journal*. v. 95, n. 2, p. 107-115, Mar-Apr 1998.
- 111- VECCHIO, F.J. Analyses based on the modified compression field theory., *LABSE-Colloquium Structural Concrete*, Stuttgart, Germany, p. 321-326, 1991.
- 112- VECCHIO, F.J., COLLINS, M.P. The modified compression field theory for reinforced concrete elements subjected to shear. *ACI Journal Proceedings*, v. 83, n. 2, p. 219-231, Mar-Apr 1986.
- 113- ZSUTTY, T.C. Beam shear strength prediction by analysis of existing data .ACI - Journal Proceedings, Vol. 65, November,1968.

APÊNDICE A

PRESCRIÇÕES NORMATIVAS

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DE VIGAS AO CISALHAMENTO

A.1. CRITÉRIO DA NBR 6118 (2003)

- **Hipóteses Básicas**

Nas peças fletidas a verificação da segurança presume a analogia com modelo em treliça, de banzos paralelos, associado a mecanismos resistentes complementares desenvolvidos no interior da peça e traduzidos por uma componente adicional V_c . As verificações são feitas em termos de forças atuantes nas bielas de concreto e armadura transversal. Admitem-se dois modelos de cálculos alternativos:

- (i) Modelo I admite as diagonais de compressão inclinadas de $\theta = 45^\circ$ em relação ao eixo longitudinal da peça, em que V_c é suposto de valor constante;
- (ii) Modelo II: admite diagonais com inclinação diferente de 45° , arbitrada livremente no intervalo $30^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$. Nesse caso, considera-se a parcela V_c com valores menores.

A força cortante considerada na seção próxima ao apoio, para ação uniformemente distribuída, é a ação que dista $d/2$ da face do apoio.

- **Verificação do Estado Limite Último**

A resistência da peça, em uma determinada seção transversal, é satisfatória quando verificadas simultaneamente as seguintes condições:

$$V_{SW_d} < V_{Rd2} \quad (A1.1)$$

$$V_{SW_d} < V_{Rd3} = V_c + V_{SW_w} \quad (A1.2)$$

em que:

V_{SW_d} = força cortante solicitante de cálculo, na seção;

V_{Rd2} = força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto;

V_{Rd3} = $V_c + V_{SW_w}$, sendo V_c a parcela de força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça e V_{SW_w} a parcela absorvida pela armadura transversal.

- **Modelo de cálculo I**

No modelo de cálculo I, a resistência da peça é assegurada pela verificação da compressão diagonal no concreto, com a expressão:

$$V_{Rd2} = 0,27 \alpha_v f_{cd} \cdot b_w \cdot d, \text{ com } \alpha_v = (1 - f_{ck} / 250) \quad (A1.3)$$

e pelo cálculo da armadura transversal, dado por:

$$V_{sw} = (A_{sw} / s) 0,9 d \cdot f_{ywd} (\text{sen} \alpha + \cos \alpha) \quad (A1.4)$$

em que:

$V_c = 0$ nas peças tracionadas quando a linha neutra se situa fora da seção;

$V_c = V_{co}$ na flexão simples e na flexo-tração com a linha neutra cortando a seção;

$V_c = (V_{co} + V_{co} \cdot M_o / M_d) \leq 2 V_{co}$ na flexo-compressão com $V_{co} = 0,6 f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$;

sendo:

M_o = momento fletor que anula a tensão normal de compressão na borda da seção;

$M_{d,max}$ = momento fletor de cálculo máximo no trecho em análise;

$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$, sendo $f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ctm}$ e

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$ (f_{ck} em MPa).

- **Modelo de cálculo II**

Quando é utilizado o modelo de cálculo II, a resistência da peça é assegurada pela verificação da compressão diagonal no concreto, com a expressão:

$$V_{Rd2} = 0,54\alpha_v f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot \sin^2\theta \cdot (\cot g\alpha + \cot g\theta) \quad (A1.5)$$

e, pelo cálculo da armadura transversal, dado por:

$$V_{sw} = (A_{sw} / s) 0,9d \cdot f_{ywd} (\cot g\alpha + \cot g\theta) \sin\theta \quad (A1.6)$$

onde:

$V_c = 0$ em peças tracionadas quando a linha neutra se situa fora da seção;

$V_c = V_{cl}$ na flexão simples e na flexo-tração com a linha neutra cortando a seção;

$V_c = (V_{cl} + V_{cl} \cdot M_o/M_d) \leq 2 V_{cl}$ na flexo-compressão com

$V_{cl} = V_{co}$ quando $V_d = V_{co}$ e

$V_{cl} = 0$ quando $V_d = V_{Rd2}$, interpolando-se linearmente para valores intermediários.

A.2. CRITÉRIO DO EUROCODE 2 (1992)

- **Hipóteses básicas**

O Eurocode 2 (apud Duthinh et al. 1996) baseia-se em três valores resistentes listados a seguir:

- V_{Rd1} - valor de cálculo do esforço cortante resistente do elemento sem armadura de cisalhamento;
- V_{Rd2} - valor máximo do esforço cortante suportado sem ocorrência de esmagamento das bielas de compressão do concreto;
- V_{Rd3} - valor de cálculo do esforço cortante suportado por um elemento com armadura de cisalhamento.

O valor de cálculo do esforço cortante resistente do elemento sem armadura de cisalhamento é calculado de acordo com a Equação (A1.7) abaixo:

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} K(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}) \cdot b_w d \quad (A1.7)$$

O valor de referência para o cálculo do esforço cortante resistente vale:

$$\tau_{Rd} = \frac{0,25f_{ctk0,05}}{\gamma_c} \quad (A1.8)$$

onde:

γ_c - deve ser igual a 1,5 e $f_{ctk0,05}$ o valor característico da tensão de ruptura do concreto à tração simples;

K - coeficiente cujo o valor vale 1 para elementos em que mais de 50% da armadura inferior é interrompida no vão. Caso contrário, $K = 1,6 - d \leq 1$;

ρ_1 - menor taxa de armadura longitudinal de tração no trecho de comprimento $2h$ a partir da face do apoio igual a $\frac{A_s}{b_w d} \geq 0,02$;

b_w - largura mínima da seção ao longo da altura útil;

σ_{cp} - a razão entre o esforço normal, N_{sd2} , e a área total, A_{cT} , na seção de concreto.

- **Valor de cálculo do esforço cortante suportado sem a ocorrência de esmagamento das bielas de compressão do concreto**

A Equação (A1.9) apresenta o valor de cálculo do esforço cortante resistente máximo, V_{Rd2} , para verificação do esmagamento da escora comprimida.

$$V_{Rd2} = 0,45 v f_{cd} b_w d (1 + \cot g\alpha) \quad (A1.9)$$

onde:

v - fator de eficácia, calculado por $v = 0,7 \frac{f_{cK}}{200} \geq 0,5$

α - ângulo de inclinação das barras inclinadas com relação à horizontal.

Na ausência de uma análise mais rigorosa, o valor de cálculo do esforço cortante nunca deve ser superior a V_{Rd2} em qualquer seção do elemento. Caso o elemento esteja submetido a esforços normais de compressão, o valor de V_{Rd2} deve ser reduzido, de acordo com a Equação (A1.10):

$$V_{Rd2,red} = 1,67 V_{Rd2} \left(1 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}} \right) \leq V_{Rd2} \quad (A1.10)$$

onde:

$\sigma_{cp,eff}$ - tensão média efetiva no concreto devido ao esforço normal calculada por:

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - f_{yKc} \frac{A_{s2}}{\gamma_s}}{A_{cT}} \text{ e com } \frac{f_{yKc}}{\gamma_s} \text{ não superior a 400 MPa;}$$

sendo:

N_{sd} - esforço axial, considerado positivo na tração e negativo na compressão;

f_{yKc} - valor característico da tensão de escoamento à tração da armadura de compressão;

A_{s2} - área da armadura longitudinal comprimida;

A_{cT} - área total da seção de concreto.

- **Valor de cálculo do esforço cortante suportado por um elemento com armadura de cisalhamento**

A Equação (A1.11) apresenta o cálculo da resistência ao esforço cortante, V_{Rd3} , de uma seção com armadura de cisalhamento:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} \quad (A1.11)$$

onde:

V_{cd} - capacidade resistente de cálculo ao esforço cortante do concreto, cujo o valor é igual a:

V_{Rd1} - calculado conforme a Equação (A1.7);

V_{wd} - capacidade resistente de cálculo da armadura de cisalhamento.

- **Aspectos construtivos**

Caso sejam utilizados estribos verticais, a contribuição da armadura de cisalhamento é obtida de acordo com a Equação (A1.12) e, no caso de barras inclinadas, conforme a Equação (A1.13) respectivamente:

$$V_{wd}=0,9 \frac{A_{sw} f_{ydw} d}{s} \quad (A1.12)$$

$$V_{wd}=0,9 \frac{A_{sw} f_{ydw} d}{s} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (A1.13)$$

onde:

A_{sw} - área da seção transversal da armadura de cisalhamento;

f_{ydw} - resistência de cálculo de escoamento do aço da armadura de cisalhamento;

α - ângulo entre a armadura transversal inclinada e o eixo longitudinal da peça.

A armadura de cisalhamento deve formar ângulo de 45° a 90° com o plano médio do elemento estrutural, podendo ser constituída por combinações de cintas e estribos, barras inclinadas e armaduras sob a forma de “gaiolas”.

Em vigas, somente é possível utilizar barras inclinadas como armadura de cisalhamento quando combinadas com estribos, entretanto estas não devem ultrapassar 50% das armaduras de combate ao esforço cortante.

A.3. CRITÉRIO DO ZSUTTY (1968)

- **Hipóteses básicas**

De acordo com Zsutty (apud Duthinh et al. 1996), a resistência ao esforço cortante para dimensionamento das vigas é dada por:

$$V_u = \phi (V_c + V_{sw}) \quad (A1.14)$$

onde:

V_u - esforço cortante último;

ϕ - coeficiente de minoração da capacidade resistente de acordo com ACI 318RM-95 [2];

V_c - parcela do esforço cortante resistida pelo concreto;

V_{sw} - parcela do esforço cortante resistida pelos estribos.

- **Parcela do esforço cortante resistida pelo concreto**

Para as vigas com relação $a / d \geq 2,5$, a parcela de esforço cortante resistida pelo concreto é determinada por:

$$V_c = 2,3 b_w d \sqrt[3]{f'_c \rho \frac{d}{a}} \quad (A1.15)$$

onde:

V_c - é expresso em (N);

f'_c - expresso em (MPa);

b_w e d - expressos em (mm);

ρ - taxa geométrica de armadura longitudinal igual a $\frac{A_s}{b_w d}$.

Para as vigas com a relação $a / d < 2,5$, a Equação (A1.15) é multiplicada por um fator linear que leva em conta a ação de arco. Portanto, a parcela resistida pelo concreto é dada por:

$$V_c = \left(\frac{2,5}{a/d} \right) \left(2,3 b_w d \sqrt[3]{f'_c \rho \frac{d}{a}} \right) \quad (A1.16)$$

A parcela do esforço cortante resistida pelos estribos é dada por:

$$V_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} \quad (\text{A1.17})$$

onde:

a tensão nominal última de cisalhamento, para vigas com armadura transversal, é dada por:

$$\tau_{wu} = \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \rho \cdot f_{yw} \right) \quad (\text{A1.18})$$

sendo τ_{wu} a tensão nominal última de cisalhamento.

A.4. CRITÉRIO DA ACI 318M (1995)

- **Hipóteses básicas**

O dimensionamento ao cisalhamento de estruturas de concreto armado, baseia-se na Equação (A1.19), sendo adotado o fator de redução da capacidade resistente da viga ao cisalhamento ϕ igual a 0,85, conforme recomendação do ACI 318M-95.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (\text{A1.19})$$

A resistência nominal ao cisalhamento, V_n , é dada pela Equação (7.20):

$$V_n = V_c + V_{sw} \quad (\text{A1.20})$$

onde:

V_c - resistência ao cisalhamento oriunda do concreto;

V_{sw} - resistência ao cisalhamento proveniente da armadura de cisalhamento.

- **Resistência ao cisalhamento oriunda do concreto**

A resistência ao cisalhamento V_c pode ser computada pela Equação (A1.21) abaixo:

$$V_c = \left(0,16\sqrt{f'_c} + 17\rho \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \leq 0,29b_w d \sqrt{f'_c} \quad (\text{A1.21})$$

onde:

V_c e V_u - são expressos em (N);

f'_c - expresso em (MPa);

b_w e d - expressos em (mm);

ρ - taxa geométrica de armadura longitudinal igual a $\frac{A_s}{b_w d}$;

M_u - momento fletor último expresso em (N.mm)

A norma sugere uma forma simplificada de calcular a contribuição do concreto para a resistência ao cisalhamento, V_c . Para isso, assume o valor de $0,01\sqrt{f'_c}$ para a segunda parcela da Equação (A1.21), a qual está relacionada com o efeito pino e relação a/d . A Equação (A1.22) apresenta este cálculo simplificado:

$$V_c = 0,17 b_w d \sqrt{f'_c} \quad (\text{A1.22})$$

onde:

V_c - é expressos em (N);

f'_c - expresso em (MPa);

b_w e d - expressos em (mm).

- **Parcela resistida pela armadura de cisalhamento**

A Equação (A1.23) fornece o valor de V_{sw} para estribos perpendiculares ao eixo da peça, assumindo as condições de que todos os estribos que atravessam a fissura de cisalhamento encontram-se escoados e que z é aproximadamente igual a d .

$$V_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd} d}{s} \leq 0,68 \sqrt{f'_c \cdot b_w \cdot d} \quad (\text{A1.23})$$

onde:

V_{sw} - é expresso em (N);

A_{sw} - expresso em (mm^2);

s - espaçamento entre estribos em (mm);

f_{yd} - expresso em (MPa);

b_w e d - expressos em (mm).

A.5. CRITÉRIO SEGUNDO MODELO CEB-FIP (1990)

- **Hipóteses básicas**

O código modelo CEB-FIP apresenta uma fórmula empírica porém sofisticada baseada na formulação de Zsutty (1968). A força cortante resistente pelo “concreto” (V_c), expressa em quilo Newton (kN), é calculada pela equação apresentada a seguir.

$$V_c = 0,015 \sqrt[3]{\frac{3 \cdot d}{a}} \cdot \xi \sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{A1.24})$$

onde:

$\xi - \xi = 1 + \sqrt{\frac{20}{d}}$, d em (cm);

ρ_l = taxa de armadura longitudinal tracionada (cm^2)

V_c - é expresso em (kN);

f_{ck} - expresso em (MPa);

b_w e d - expressos em (cm).

a - expresso em (cm).

APÊNDICE B

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Neste apêndice alguns resultados experimentais encontram-se apresentados com medidas indiretas. Para a confecção das tabelas e gráficos das vigas apresentados no Capítulo 6 tornou-se necessário a correção dos dados. As vigas com numeração igual e inferior a 16 necessitaram que as cargas fossem multiplicadas por 120,03 e a flecha por 1,25. Nas demais vigas as cargas foram multiplicadas por 133,33 e a flecha por 5,025.

B.1. LAMINADOS SOBRE ESTRIBOS

| Resultados Viga 17 | | | | | | | |
|--------------------|----------|-------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
| 29/08/05 | 21:45:10 | 496 | 1,383705 | 1,383636 | -0,455822 | -0,00443 | 0,407511 |
| 29/08/05 | 21:45:20 | 464 | 1,383652 | 1,383636 | 0,923054 | 0,010742 | 0,417572 |
| 29/08/05 | 21:45:30 | 464 | 1,844887 | 2,767822 | 0,46339 | 0,067637 | 0,458954 |
| 29/08/05 | 21:45:35 | 472 | 2,767303 | 2,767761 | 1,842377 | 0,092848 | 0,487068 |
| 29/08/05 | 21:45:40 | 432 | 3,689713 | 6,920319 | 1,842377 | 0,106377 | 0,502655 |
| 29/08/05 | 21:45:50 | 432 | 5,073425 | 6,920319 | 1,842377 | 0,11657 | 0,512863 |
| 29/08/05 | 21:46:00 | 448 | 5,073364 | 8,76593 | 0,463501 | 0,122958 | 0,521446 |
| 29/08/05 | 21:46:10 | 448 | 6,457062 | 11,99561 | -2,294357 | 0,141956 | 0,537525 |
| 29/08/05 | 21:46:20 | 464 | 9,685547 | 15,68677 | -5,511871 | 0,157482 | 0,553852 |
| 29/08/05 | 21:46:30 | 480 | 9,685547 | 20,30066 | -6,890869 | 0,171226 | 0,568058 |
| 29/08/05 | 21:46:40 | 432 | 13,37524 | 23,5304 | -5,052338 | 0,186479 | 0,582756 |
| 29/08/05 | 21:46:50 | 432 | 13,83643 | 26,29883 | -5,971527 | 0,200994 | 0,596615 |
| 29/08/05 | 21:47:00 | 448 | 16,14246 | 33,21948 | -5,052338 | 0,211352 | 0,608109 |
| 29/08/05 | 21:47:10 | 464 | 17,52612 | 35,06519 | -9,188965 | 0,224816 | 0,622314 |
| 29/08/05 | 21:47:20 | 464 | 27,21167 | 41,06348 | -6,890747 | 0,243756 | 0,640316 |
| 29/08/05 | 21:47:30 | 432 | 33,20752 | 45,21582 | -8,269714 | 0,25806 | 0,655754 |
| 29/08/05 | 21:47:40 | 432 | 43,35425 | 47,52295 | -8,729309 | 0,276062 | 0,675236 |
| 29/08/05 | 21:47:50 | 448 | 49,81128 | 51,67529 | -4,592651 | 0,2843 | 0,684708 |
| 29/08/05 | 21:48:00 | 512 | 52,11719 | 53,05957 | -3,673233 | 0,283709 | 0,685101 |
| 29/08/05 | 21:48:10 | 464 | 55,80688 | 53,98242 | -2,754013 | 0,282673 | 0,685547 |
| 29/08/05 | 21:48:20 | 480 | 54,88452 | 57,21216 | -3,213577 | 0,290663 | 0,691219 |
| 29/08/05 | 21:48:30 | 432 | 65,49219 | 64,59424 | -8,269714 | 0,313648 | 0,712822 |
| 29/08/05 | 21:48:40 | 448 | 83,94092 | 146,2607 | -15,16431 | 0,329678 | 0,733883 |
| 29/08/05 | 21:48:50 | 448 | 102,8506 | 178,0967 | -18,84155 | 0,348076 | 0,751049 |
| 29/08/05 | 21:49:00 | 464 | 215,3867 | 206,2422 | 19,76843 | 0,362379 | 0,769741 |
| 29/08/05 | 21:49:10 | 464 | 267,9648 | 233,4639 | 41,37158 | 0,38122 | 0,791 |
| 29/08/05 | 21:49:20 | 432 | 306,2461 | 271,7598 | 53,32227 | 0,402035 | 0,811123 |
| 29/08/05 | 21:49:30 | 432 | 307,6289 | 384,8008 | 57,91846 | 0,417868 | 0,831394 |
| 29/08/05 | 21:49:40 | 448 | 323,3105 | 442,9355 | 63,43433 | 0,427092 | 0,841557 |
| 29/08/05 | 21:49:50 | 448 | 356,9805 | 496,9199 | 78,14258 | 0,452938 | 0,86676 |
| 29/08/05 | 21:50:00 | 464 | 381,8848 | 539,8281 | 90,09326 | 0,458263 | 0,876675 |
| 29/08/05 | 21:50:10 | 480 | 402,1797 | 581,3516 | 97,90723 | 0,477402 | 0,895664 |
| 29/08/05 | 21:50:20 | 432 | 392,0313 | 653,793 | 94,68994 | 0,489782 | 0,911152 |
| 29/08/05 | 21:50:30 | 432 | 388,8027 | 720,6953 | 91,93213 | 0,509411 | 0,933102 |
| 29/08/05 | 21:50:40 | 448 | 348,2168 | 848,0391 | 87,33545 | 0,521595 | 0,957615 |
| 29/08/05 | 21:50:50 | 464 | 374,5059 | 907,0977 | 97,90723 | 0,538513 | 0,981339 |
| 29/08/05 | 21:51:00 | 464 | 374,5059 | 947,6992 | 102,0439 | 0,555874 | 1,003632 |
| 29/08/05 | 21:51:10 | 432 | 373,584 | 976,3047 | 104,8018 | 0,573681 | 1,028145 |
| 29/08/05 | 21:51:20 | 432 | 378,1953 | 991,0703 | 107,5601 | 0,58527 | 1,043633 |
| 29/08/05 | 21:51:30 | 448 | 364,8203 | 1159,938 | 98,82666 | 0,590649 | 1,065727 |
| 29/08/05 | 21:51:40 | 448 | 367,5879 | 1187,164 | 106,6406 | 0,60796 | 1,083534 |
| 29/08/05 | 21:51:50 | 464 | 369,4316 | 1195,469 | 110,3179 | 0,619648 | 1,099564 |
| 29/08/05 | 21:52:00 | 480 | 392,9551 | -51,67651 | 153,0645 | 0,613731 | 1,134834 |
| 29/08/05 | 21:52:10 | 432 | 391,5703 | -50,75366 | 158,5801 | 0,62606 | 1,150963 |
| 29/08/05 | 21:52:20 | 448 | 394,3379 | -48,9082 | 163,1768 | 0,643276 | 1,173599 |
| 29/08/05 | 21:52:30 | 448 | 397,1055 | -49,36963 | 165,9346 | 0,657482 | 1,191162 |
| 29/08/05 | 21:52:40 | 464 | 401,2559 | -50,75366 | 171,9092 | 0,664238 | 1,211975 |
| 29/08/05 | 21:52:50 | 464 | 397,5664 | -37,83472 | 176,9658 | 0,682686 | 1,256516 |
| 29/08/05 | 21:53:00 | 432 | 377,2734 | 33,21948 | 181,1025 | 0,66848 | 1,325516 |
| 29/08/05 | 21:53:10 | 432 | 370,8164 | 45,21582 | 181,5615 | 0,661377 | 1,33326 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 29/08/05 | 21:53:20 | 448 | 362,0527 | 49,82983 | 183,4004 | 0,662167 | 1,372719 |
| 29/08/05 | 21:53:30 | 448 | 358,3633 | 50,75269 | 187,9971 | 0,640564 | 1,400337 |
| 29/08/05 | 21:53:40 | 464 | 312,2422 | 57,21216 | 207,3018 | 0,48041 | 1,492676 |
| 29/08/05 | 21:53:50 | 480 | 304,8633 | 49,36841 | 207,7617 | 0,470545 | 1,50338 |
| 29/08/05 | 21:54:00 | 432 | 303,4785 | 50,29126 | 212,8174 | 0,468967 | 1,504509 |
| 29/08/05 | 21:54:10 | 448 | 304,8633 | 50,75269 | 212,8174 | 0,468376 | 1,505058 |
| 29/08/05 | 21:54:20 | 448 | 305,7852 | 48,44556 | 212,3574 | 0,467093 | 1,505646 |
| 29/08/05 | 21:54:30 | 464 | 306,707 | 51,21387 | 215,1162 | 0,465958 | 1,50589 |
| 29/08/05 | 21:54:40 | 464 | 305,7852 | 48,90698 | 216,0352 | 0,465761 | 1,506187 |
| 29/08/05 | 21:54:50 | 432 | 310,3965 | 51,21387 | 218,793 | 0,464231 | 1,506386 |
| 29/08/05 | 21:55:00 | 432 | 304,8633 | 51,67529 | 217,874 | 0,464231 | 1,506683 |
| 29/08/05 | 21:55:10 | 448 | 308,0918 | 48,90698 | 217,874 | 0,463245 | 1,506783 |
| 29/08/05 | 21:55:20 | 448 | 307,6289 | 50,75269 | 218,333 | 0,463394 | 1,506783 |
| 29/08/05 | 21:55:30 | 464 | 305,7852 | 50,29126 | 219,2529 | 0,463196 | 1,507027 |
| 29/08/05 | 21:55:40 | 480 | 306,707 | 50,29126 | 218,793 | 0,4629 | 1,50708 |
| 29/08/05 | 21:55:50 | 432 | 307,168 | 49,36841 | 219,7119 | 0,461075 | 1,507126 |
| 29/08/05 | 21:56:00 | 448 | 222,3057 | 58,13501 | 131,9209 | 0,063828 | 1,006294 |
| 29/08/05 | 21:56:10 | 448 | 159,5801 | 58,59619 | 94,23047 | -0,00229 | 0,879536 |

Resultados Viga 23

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 12/09/05 | 10:04:06 | 496 | 0,922741 | 5,98938 | -0,466829 | 0,00241 | 1,335037 |
| 12/09/05 | 10:04:16 | 448 | 0,922741 | 5,528687 | -3,703629 | 0,029299 | 1,331093 |
| 12/09/05 | 10:04:26 | 408 | -1,381523 | -2,303543 | -10,63953 | 0,11697 | 1,313042 |
| 12/09/05 | 10:04:31 | 408 | 0,0011 | -0,921398 | -12,48907 | 0,125443 | 1,310181 |
| 12/09/05 | 10:04:36 | 416 | -1,381523 | -1,842819 | -16,65051 | 0,139519 | 1,307266 |
| 12/09/05 | 10:04:46 | 424 | 6,913788 | 11,51801 | -16,65051 | 0,159773 | 1,300903 |
| 12/09/05 | 10:04:56 | 432 | 17,51343 | 23,03601 | -15,26343 | 0,188407 | 1,293457 |
| 12/09/05 | 10:05:06 | 448 | 37,33032 | 46,99341 | -12,48907 | 0,208578 | 1,28685 |
| 12/09/05 | 10:05:16 | 456 | 44,7041 | 53,44336 | -12,02667 | 0,226 | 1,281815 |
| 12/09/05 | 10:05:26 | 408 | 51,61694 | 58,97217 | -10,17719 | 0,241783 | 1,276886 |
| 12/09/05 | 10:05:36 | 416 | 64,05957 | 66,34326 | -8,789856 | 0,258848 | 1,272392 |
| 12/09/05 | 10:05:46 | 432 | 91,25 | 74,17578 | -0,929245 | 0,281883 | 1,266281 |
| 12/09/05 | 10:05:56 | 440 | 118,9014 | 79,7041 | 10,63055 | 0,303684 | 1,260361 |
| 12/09/05 | 10:06:06 | 448 | 133,6484 | 91,22217 | 14,32977 | 0,32519 | 1,254494 |
| 12/09/05 | 10:06:16 | 464 | 143,3271 | 97,67236 | 17,10413 | 0,341465 | 1,249802 |
| 12/09/05 | 10:06:26 | 416 | 153,4658 | 109,6514 | 20,34082 | 0,349998 | 1,246651 |
| 12/09/05 | 10:06:36 | 424 | 173,7432 | 141,9014 | 23,11536 | 0,34778 | 1,246155 |
| 12/09/05 | 10:06:46 | 432 | 163,1436 | 140,0586 | 20,34094 | 0,36223 | 1,242851 |
| 12/09/05 | 10:06:56 | 448 | 168,2129 | 143,7441 | 20,34082 | 0,360159 | 1,242607 |
| 12/09/05 | 10:07:06 | 456 | 174,2041 | 151,5762 | 20,34094 | 0,376732 | 1,238907 |
| 12/09/05 | 10:07:16 | 408 | 182,96 | 144,2051 | 20,80334 | 0,390049 | 1,235352 |
| 12/09/05 | 10:07:26 | 416 | 188,0293 | 158,0264 | 21,26563 | 0,391727 | 1,233727 |
| 12/09/05 | 10:07:36 | 432 | 195,8643 | 164,4766 | 23,57764 | 0,410519 | 1,229431 |
| 12/09/05 | 10:07:46 | 440 | 208,3076 | 176,916 | 26,35193 | 0,428423 | 1,224007 |
| 12/09/05 | 10:07:56 | 448 | 217,5244 | 198,1094 | 29,58875 | 0,444157 | 1,219025 |
| 12/09/05 | 10:08:06 | 464 | 234,1152 | 215,1563 | 32,82568 | 0,459497 | 1,214096 |
| 12/09/05 | 10:08:16 | 416 | 270,0625 | 221,1455 | 36,52466 | 0,465416 | 1,211578 |
| 12/09/05 | 10:08:26 | 424 | 249,7842 | 227,5947 | 36,98706 | 0,464035 | 1,211533 |
| 12/09/05 | 10:08:36 | 432 | 245,1758 | 230,8203 | 36,06226 | 0,476513 | 1,208916 |
| 12/09/05 | 10:08:46 | 448 | 255,7754 | 246,4844 | 38,83667 | 0,49279 | 1,204475 |
| 12/09/05 | 10:08:56 | 456 | 267,7578 | 259,3848 | 38,37427 | 0,501915 | 1,201416 |
| 12/09/05 | 10:09:06 | 408 | 285,7305 | 277,8125 | 41,61108 | 0,52776 | 1,19471 |
| 12/09/05 | 10:09:16 | 416 | 305,0859 | 334,4824 | 43,9231 | 0,547886 | 1,188103 |
| 12/09/05 | 10:09:26 | 432 | 313,8438 | 356,5957 | 46,69751 | 0,55257 | 1,185829 |
| 12/09/05 | 10:09:36 | 440 | 319,834 | 338,168 | 46,69751 | 0,563175 | 1,182526 |
| 12/09/05 | 10:09:46 | 448 | 324,4434 | 368,1133 | 46,69727 | 0,562386 | 1,181885 |
| 12/09/05 | 10:09:56 | 464 | 324,4434 | 345,5391 | 47,15967 | 0,559673 | 1,181786 |
| 12/09/05 | 10:10:06 | 416 | 329,9727 | 354,7539 | 44,84766 | 0,579746 | 1,176956 |
| 12/09/05 | 10:10:16 | 424 | 311,0781 | 295,3203 | 26,35193 | 0,591488 | 1,171875 |
| 12/09/05 | 10:10:26 | 432 | 312 | 292,5566 | 24,04004 | 0,587589 | 1,171677 |
| 12/09/05 | 10:10:36 | 448 | 306,9297 | 289,791 | 23,11523 | 0,583694 | 1,171577 |
| 12/09/05 | 10:10:46 | 456 | 305,5469 | 293,9375 | 24,04004 | 0,582016 | 1,171478 |
| 12/09/05 | 10:10:56 | 408 | 304,1641 | 284,7246 | 23,11523 | 0,580933 | 1,171432 |
| 12/09/05 | 10:11:06 | 416 | 305,5469 | 286,1055 | 23,11523 | 0,580193 | 1,171379 |
| 12/09/05 | 10:11:16 | 432 | 302,7832 | 280,5781 | 21,26563 | 0,579403 | 1,171478 |
| 12/09/05 | 10:11:26 | 440 | 302,7832 | 282,8809 | 18,49133 | 0,601349 | 1,167038 |
| 12/09/05 | 10:11:36 | 448 | 307,3906 | 287,9492 | 19,41614 | 0,619846 | 1,16201 |
| 12/09/05 | 10:11:46 | 464 | 307,3906 | 287,9492 | 17,10413 | 0,634102 | 1,156975 |
| 12/09/05 | 10:11:56 | 416 | 271,9043 | 271,3633 | 18,49133 | 0,636765 | 1,152641 |
| 12/09/05 | 10:12:06 | 424 | 269,1406 | 269,5195 | 18,95361 | 0,654964 | 1,145981 |
| 12/09/05 | 10:12:16 | 432 | 268,6797 | 267,2168 | 21,72803 | 0,661674 | 1,141937 |
| 12/09/05 | 10:12:26 | 448 | 268,2188 | 262,6094 | 21,26563 | 0,675583 | 1,136513 |
| 12/09/05 | 10:12:36 | 456 | 270,9824 | 257,541 | 23,11523 | 0,686928 | 1,131577 |
| 12/09/05 | 10:12:46 | 408 | 274,209 | 233,585 | 23,57764 | 0,705276 | 1,124031 |
| 12/09/05 | 10:12:56 | 416 | 276,0527 | 220,6846 | 24,96484 | 0,707447 | 1,119934 |
| 12/09/05 | 10:13:06 | 432 | 277,8965 | 220,2236 | 29,58887 | 0,70863 | 1,114311 |
| 12/09/05 | 10:13:16 | 440 | 271,4434 | 220,6846 | 34,67505 | 0,717953 | 1,106277 |
| 12/09/05 | 10:13:26 | 448 | 226,7412 | 165,8584 | 52,24609 | 0,345806 | 1,060646 |
| 12/09/05 | 10:13:36 | 464 | 223,5156 | 165,3984 | 49,00928 | 0,344721 | 1,060356 |
| 12/09/05 | 10:13:46 | 416 | 224,4375 | 157,5654 | 50,39648 | 0,344326 | 1,058525 |
| 12/09/05 | 10:13:56 | 424 | 225,8203 | 158,0264 | 49,47168 | 0,343735 | 1,058922 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 12/09/05 | 10:14:06 | 432 | 225,3594 | 154,8018 | 50,85889 | 0,343685 | 1,058975 |
| 12/09/05 | 10:14:16 | 448 | 228,124 | 153,4189 | 50,85889 | 0,343636 | 1,058975 |
| 12/09/05 | 10:14:26 | 456 | 227,2021 | 151,5762 | 47,15967 | 0,343044 | 1,058876 |
| 12/09/05 | 10:14:36 | 408 | 225,3594 | 152,498 | 46,69727 | 0,34339 | 1,058922 |
| 12/09/05 | 10:14:46 | 424 | 93,09375 | 86,61523 | 17,10413 | 0,003365 | 1,213699 |

Resultados Viga 24

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Fibra 2A | Estribo 2 | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 13/09/05 | 11:07:31 | 504 | 0,461054 | 1,843872 | -3,234039 | 2,765793 | -0,462902 | 0,005899 | 1,363991 |
| 13/09/05 | 11:07:41 | 456 | -0,92434 | -0,45906 | -3,234085 | 0,463657 | -2,312637 | 0,005551 | 1,363892 |
| 13/09/05 | 11:07:52 | 504 | 0,922852 | 1,383293 | -2,772079 | 1,384491 | -1,387711 | 0,031775 | 1,359505 |
| 13/09/05 | 11:07:57 | 456 | -3,23338 | -1,84079 | 1,84774 | 2,7659 | 1,849403 | 0,072399 | 1,351563 |
| 13/09/05 | 11:08:02 | 464 | -3,23338 | -4,14371 | 4,157654 | 1,844963 | -0,462902 | 0,097444 | 1,345543 |
| 13/09/05 | 11:08:12 | 472 | -7,85144 | -2,76198 | 5,54361 | 3,226379 | 5,086395 | 0,135719 | 1,334793 |
| 13/09/05 | 11:08:22 | 480 | -7,85144 | -3,68315 | 7,39151 | 7,83075 | 4,161591 | 0,159192 | 1,329216 |
| 13/09/05 | 11:08:32 | 496 | -8,31323 | -1,84079 | 11,0874 | 10,13312 | 8,785889 | 0,177467 | 1,324577 |
| 13/09/05 | 11:08:42 | 504 | -9,23682 | -3,22255 | 17,55518 | 16,11902 | 10,17322 | 0,195753 | 1,320045 |
| 13/09/05 | 11:08:52 | 456 | -4,15698 | -1,84079 | 22,63696 | 23,94653 | 9,710754 | 0,207567 | 1,316887 |
| 13/09/05 | 11:09:02 | 464 | -5,54242 | 3,686172 | 26,33289 | 33,61597 | 11,56055 | 0,22092 | 1,31353 |
| 13/09/05 | 11:09:12 | 480 | -2,77156 | 10,1344 | 31,87671 | 41,4436 | 11,56061 | 0,234336 | 1,310028 |
| 13/09/05 | 11:09:22 | 488 | -0,46254 | 18,88538 | 36,49634 | 46,50879 | 9,710754 | 0,23034 | 1,309731 |
| 13/09/05 | 11:09:32 | 496 | 2,308273 | 23,03064 | 36,49658 | 48,35034 | 10,63568 | 0,229403 | 1,309685 |
| 13/09/05 | 11:09:42 | 448 | 6,002747 | 25,79419 | 39,26831 | 52,95508 | 12,02301 | 0,245582 | 1,30687 |
| 13/09/05 | 11:09:52 | 464 | 40,17627 | 52,96851 | 53,58984 | 69,0708 | 15,72253 | 0,263979 | 1,301498 |
| 13/09/05 | 11:10:02 | 472 | 50,33594 | 60,33789 | 60,05786 | 71,8335 | 18,03479 | 0,269897 | 1,299767 |
| 13/09/05 | 11:10:12 | 480 | 54,9541 | 65,86475 | 64,67725 | 72,75439 | 17,57227 | 0,269749 | 1,299423 |
| 13/09/05 | 11:10:22 | 496 | 61,8811 | 70,4707 | 67,91113 | 80,58203 | 19,88452 | 0,287161 | 1,295624 |
| 13/09/05 | 11:10:32 | 504 | 78,04443 | 79,68213 | 78,0752 | 88,87012 | 17,57227 | 0,301367 | 1,291878 |
| 13/09/05 | 11:10:42 | 456 | 87,74219 | 88,89404 | 85,4668 | 91,63281 | 18,49719 | 0,307728 | 1,28981 |
| 13/09/05 | 11:10:52 | 464 | 99,74902 | 100,8691 | 96,09229 | 95,31641 | 18,95959 | 0,322773 | 1,285759 |
| 13/09/05 | 11:11:02 | 480 | 109,9092 | 112,3838 | 104,8701 | 95,77686 | 19,88452 | 0,326817 | 1,284035 |
| 13/09/05 | 11:11:12 | 488 | 117,2979 | 118,832 | 121,0396 | 101,3022 | 19,42212 | 0,338013 | 1,280533 |
| 13/09/05 | 11:11:22 | 496 | 122,3779 | 130,8066 | 135,8232 | 104,0649 | 19,42212 | 0,350788 | 1,277184 |
| 13/09/05 | 11:11:32 | 448 | 135,3076 | 143,7031 | 143,6768 | 106,8276 | 18,49719 | 0,35799 | 1,274963 |
| 13/09/05 | 11:11:42 | 464 | 143,6201 | 154,2969 | 150,1445 | 109,1299 | 16,64734 | 0,367311 | 1,272644 |
| 13/09/05 | 11:11:52 | 472 | 151,9326 | 161,2051 | 156,6123 | 111,4321 | 17,10986 | 0,372244 | 1,271111 |
| 13/09/05 | 11:12:02 | 480 | 156,5508 | 167,1934 | 161,6943 | 112,353 | 19,88452 | 0,375795 | 1,269981 |
| 13/09/05 | 11:12:12 | 496 | 169,0195 | 179,6289 | 170,4717 | 116,0366 | 17,10986 | 0,393305 | 1,265984 |
| 13/09/05 | 11:12:22 | 504 | 183,7979 | 192,5254 | 181,5596 | 118,3389 | 18,03479 | 0,403811 | 1,263023 |
| 13/09/05 | 11:12:32 | 456 | 202,2695 | 207,7246 | 194,0332 | 124,3247 | 18,03479 | 0,412098 | 1,260216 |
| 13/09/05 | 11:12:42 | 464 | 221,666 | 218,3174 | 205,1211 | 126,627 | 18,49719 | 0,423441 | 1,257202 |
| 13/09/05 | 11:12:52 | 480 | 241,5234 | 239,9648 | 214,8223 | 131,6914 | 17,10986 | 0,436316 | 1,253754 |
| 13/09/05 | 11:13:02 | 488 | 270,6172 | 268,0605 | 233,3018 | 136,2959 | 16,18494 | 0,448696 | 1,249901 |
| 13/09/05 | 11:13:12 | 496 | 293,2461 | 287,4043 | 252,7051 | 145,5059 | 15,26013 | 0,466551 | 1,244728 |
| 13/09/05 | 11:13:22 | 448 | 310,332 | 302,1445 | 268,875 | 153,7939 | 14,33521 | 0,482433 | 1,240089 |
| 13/09/05 | 11:13:32 | 464 | 323,7246 | 311,8164 | 287,8164 | 158,8584 | 14,79767 | 0,490078 | 1,23703 |
| 13/09/05 | 11:13:42 | 472 | 342,6582 | 320,1055 | 323,3887 | 170,3701 | 16,18494 | 0,506599 | 1,232101 |
| 13/09/05 | 11:13:52 | 480 | 351,4336 | 328,3965 | 353,8789 | 179,5791 | 16,18494 | 0,522678 | 1,22731 |
| 13/09/05 | 11:14:02 | 496 | 368,5195 | 333,4629 | 394,0723 | 187,4063 | 17,57227 | 0,532642 | 1,223465 |
| 13/09/05 | 11:14:12 | 504 | 389,7637 | 340,373 | 502,6387 | 174,5137 | 17,10986 | 0,544727 | 1,218384 |
| 13/09/05 | 11:14:22 | 456 | 508,9082 | 343,1348 | 1031,148 | 145,9658 | 10,17322 | 0,551731 | 1,212471 |
| 13/09/05 | 11:14:32 | 464 | 789,6875 | 285,5625 | 1865,953 | 99,9209 | 8,323486 | 0,516266 | 1,209557 |
| 13/09/05 | 11:14:42 | 480 | 819,2422 | 284,1816 | 1911,227 | 97,1582 | 8,323425 | 0,515625 | 1,209312 |
| 13/09/05 | 11:14:52 | 488 | 837,7148 | 282,3379 | 1942,641 | 96,2373 | 8,323486 | 0,511929 | 1,209358 |
| 13/09/05 | 11:15:02 | 496 | 850,1836 | 279,5742 | 1961,586 | 97,1582 | 7,861053 | 0,51622 | 1,208275 |
| 13/09/05 | 11:15:12 | 448 | 931 | 277,7324 | 2163,938 | 95,77686 | 6,011322 | 0,537231 | 1,202507 |
| 13/09/05 | 11:15:22 | 464 | 995,6523 | 279,1152 | 2323,313 | 96,2373 | 7,861053 | 0,551682 | 1,196587 |
| 13/09/05 | 11:15:32 | 472 | 1064 | 272,2051 | 2474,391 | 92,55371 | 6,936249 | 0,557404 | 1,192001 |
| 13/09/05 | 11:15:42 | 480 | 1122,648 | 268,9824 | 2633,313 | 94,85596 | 5,548859 | 0,565987 | 1,186623 |
| 13/09/05 | 11:15:52 | 496 | 1184,992 | 262,9941 | 2817,172 | 94,39551 | 5,548859 | 0,578121 | 1,181145 |
| 13/09/05 | 11:16:02 | 504 | 1238,102 | 260,6914 | 2966,391 | 96,2373 | 4,623932 | 0,581474 | 1,1772 |
| 13/09/05 | 11:16:12 | 456 | 1293,516 | 257,0059 | 3118,859 | 96,69775 | 5,086395 | 0,588081 | 1,172813 |
| 13/09/05 | 11:16:22 | 464 | 1347,547 | 252,4014 | 3297,172 | 99,46045 | 5,086395 | 0,590599 | 1,168472 |
| 13/09/05 | 11:16:32 | 480 | 1395,578 | 250,5586 | 3472,734 | 102,2231 | 6,473663 | 0,592129 | 1,163933 |
| 13/09/05 | 11:16:42 | 488 | 1434,367 | 248,7168 | 3693,094 | 106,8276 | 3,699127 | 0,595184 | 1,157623 |
| 13/09/05 | 11:16:52 | 496 | 1450,07 | 246,4131 | 3820,141 | 106,3672 | 7,861053 | 0,594593 | 1,153969 |
| 13/09/05 | 11:17:02 | 448 | 1463,461 | 243,1895 | 3949,5 | 102,6836 | 7,39859 | 0,582165 | 1,148788 |
| 13/09/05 | 11:17:12 | 464 | 1421,438 | 213,251 | 1186,836 | 141,8223 | 21,27185 | 0,335892 | 1,124619 |
| 13/09/05 | 11:17:22 | 472 | 1431,594 | 218,3174 | 1188,219 | 144,124 | 22,19666 | 0,342503 | 1,118507 |
| 13/09/05 | 11:17:32 | 480 | 1323,992 | 175,4834 | 1146,641 | 104,5254 | 18,03479 | 0,190269 | 1,161812 |
| 13/09/05 | 11:17:42 | 496 | 554,625 | 126,2012 | 1128,164 | 61,70361 | 13,41034 | 0,007639 | 1,260216 |
| 13/09/05 | 11:17:52 | 504 | 538,9258 | 116,9897 | 1123,078 | 57,09888 | 12,94788 | 0,004504 | 1,263519 |
| 13/09/05 | 11:18:02 | 456 | 535,6914 | 117,4502 | 1124,008 | 55,71777 | 10,63568 | 0,004716 | 1,263863 |

Resultados Viga 25

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A' | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 16/09/05 | 10:15:30 | 496 | 1,844833 | 7,840881 | 1,848549 | 1,845078 | 0,0014 | 1,353828 |
| 16/09/05 | 10:15:40 | 408 | 1,844864 | 7,840881 | 1,387276 | 2,30722 | 0,002223 | 1,353828 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 16/09/05 | 10:15:50 | 416 | 0,461058 | 12,45343 | -3,687134 | 5,541718 | 0,088677 | 1,338142 |
| 16/09/05 | 10:15:55 | 424 | 3,228607 | 11,0697 | -4,148407 | 6,003784 | 0,087677 | 1,338097 |
| 16/09/05 | 10:16:00 | 424 | 2,306107 | 11,53094 | -5,532318 | 7,852112 | 0,086734 | 1,338295 |
| 16/09/05 | 10:16:10 | 432 | 3,228607 | 10,6084 | -5,993591 | 8,314209 | 0,086499 | 1,338097 |
| 16/09/05 | 10:16:20 | 448 | 2,767365 | 17,98853 | -15,21973 | 14,32111 | 0,133311 | 1,329071 |
| 16/09/05 | 10:16:30 | 456 | 2,767365 | 18,91101 | -16,60364 | 17,09351 | 0,15591 | 1,325119 |
| 16/09/05 | 10:16:40 | 408 | 1,383583 | 20,2948 | -19,37146 | 19,86597 | 0,168842 | 1,322411 |
| 16/09/05 | 10:16:50 | 416 | 1,383583 | 20,7561 | -20,75537 | 24,02478 | 0,186224 | 1,318855 |
| 16/09/05 | 10:17:00 | 432 | 4,612366 | 20,2948 | -22,13928 | 30,49377 | 0,199152 | 1,31575 |
| 16/09/05 | 10:17:10 | 440 | 3,689865 | 23,98486 | -22,60059 | 50,36304 | 0,21689 | 1,311707 |
| 16/09/05 | 10:17:20 | 448 | 4,612366 | 23,98486 | -19,83276 | 65,61133 | 0,239169 | 1,30732 |
| 16/09/05 | 10:17:30 | 408 | 13,37622 | 23,06238 | -9,222778 | 109,0464 | 0,25806 | 1,302727 |
| 16/09/05 | 10:17:40 | 416 | 26,29138 | 22,13977 | 20,76196 | 86,40479 | 0,28134 | 1,296913 |
| 16/09/05 | 10:17:50 | 424 | 31,36523 | 23,52356 | 46,59521 | 34,65234 | 0,294313 | 1,293213 |
| 16/09/05 | 10:18:00 | 432 | 39,66772 | 25,36865 | 65,50879 | 28,18335 | 0,314585 | 1,28833 |
| 16/09/05 | 10:18:10 | 448 | 55,35059 | 31,82617 | 86,26709 | 20,79016 | 0,335054 | 1,283195 |
| 16/09/05 | 10:18:20 | 456 | 94,09619 | 49,81519 | 102,8745 | 8,314148 | 0,358482 | 1,277229 |
| 16/09/05 | 10:18:30 | 408 | 148,0625 | 69,18799 | 119,4814 | 3,693466 | 0,379198 | 1,272202 |
| 16/09/05 | 10:18:40 | 424 | 187,2695 | 90,86719 | 134,2432 | 1,383087 | 0,405045 | 1,266479 |
| 16/09/05 | 10:18:50 | 432 | 250,4619 | 123,6162 | 152,6953 | -5,548126 | 0,421419 | 1,261497 |
| 16/09/05 | 10:19:00 | 440 | 309,502 | 147,6016 | 167,918 | -7,396332 | 0,440409 | 1,25666 |
| 16/09/05 | 10:19:10 | 448 | 356,0898 | 170,2031 | 177,6055 | -11,55511 | 0,448053 | 1,254143 |
| 16/09/05 | 10:19:20 | 408 | 407,75 | 196,0332 | 190,0605 | -16,17578 | 0,464529 | 1,250252 |
| 16/09/05 | 10:19:30 | 416 | 446,0352 | 219,5576 | 200,6709 | -18,48621 | 0,481398 | 1,246696 |
| 16/09/05 | 10:19:40 | 424 | 499,541 | 246,3105 | 217,2783 | -23,56897 | 0,497082 | 1,242607 |
| 16/09/05 | 10:19:50 | 432 | 565,9609 | 273,9844 | 225,582 | -30,03809 | 0,510201 | 1,239052 |
| 16/09/05 | 10:20:00 | 448 | 628,6914 | 303,9668 | 239,4209 | -38,81738 | 0,525196 | 1,234711 |
| 16/09/05 | 10:20:10 | 456 | 697,418 | 342,252 | 263,8691 | -49,44507 | 0,544186 | 1,229584 |
| 16/09/05 | 10:20:20 | 408 | 737,5469 | 371,7715 | 283,2441 | -56,37646 | 0,552963 | 1,226524 |
| 16/09/05 | 10:20:30 | 424 | 777,2148 | 399,9082 | 308,6172 | -63,76953 | 0,571018 | 1,221642 |
| 16/09/05 | 10:20:40 | 432 | 806,2773 | 420,2031 | 327,0684 | -67,00391 | 0,585125 | 1,218094 |
| 16/09/05 | 10:20:50 | 440 | 835,7969 | 435,8867 | 333,0664 | -74,39746 | 0,585911 | 1,216362 |
| 16/09/05 | 10:21:00 | 448 | 840,4102 | 441,8828 | 334,9102 | -74,85938 | 0,583298 | 1,216217 |
| 16/09/05 | 10:21:10 | 408 | 842,7148 | 442,3438 | 337,6777 | -75,7832 | 0,582016 | 1,216263 |
| 16/09/05 | 10:21:20 | 416 | 847,3281 | 444,1895 | 336,7559 | -77,16943 | 0,580635 | 1,216217 |
| 16/09/05 | 10:21:30 | 424 | 848,25 | 445,1113 | 335,834 | -78,09375 | 0,579945 | 1,216217 |
| 16/09/05 | 10:21:40 | 432 | 849,1719 | 447,8789 | 335,834 | -78,55566 | 0,579254 | 1,216164 |
| 16/09/05 | 10:21:50 | 448 | 881 | 461,7168 | 348,75 | -80,86621 | 0,604065 | 1,21138 |
| 16/09/05 | 10:22:00 | 456 | 928,0469 | 476,9395 | 347,8281 | -92,88037 | 0,621868 | 1,2062 |
| 16/09/05 | 10:22:10 | 408 | 752,7695 | 620,8516 | 378,7344 | -133,0811 | 0,614471 | 1,205513 |
| 16/09/05 | 10:22:20 | 424 | 747,2344 | 726,0156 | 394,8809 | -152,4883 | 0,630993 | 1,200233 |
| 16/09/05 | 10:22:30 | 432 | 719,5586 | 811,8086 | 417,9453 | -166,8125 | 0,648159 | 1,194809 |
| 16/09/05 | 10:22:40 | 440 | 696,0352 | 857,4766 | 437,3203 | -174,668 | 0,664337 | 1,189484 |
| 16/09/05 | 10:22:50 | 448 | 654,5234 | 908,6758 | 451,1602 | -180,6748 | 0,680317 | 1,184204 |
| 16/09/05 | 10:23:00 | 464 | 615,7773 | 952,957 | 468,2285 | -186,6816 | 0,691319 | 1,17942 |
| 16/09/05 | 10:23:10 | 416 | 570,5742 | 994,4688 | 476,5313 | -193,1504 | 0,707542 | 1,173843 |
| 16/09/05 | 10:23:20 | 424 | 544,2813 | 1034,133 | 483,4512 | -201,0059 | 0,718296 | 1,169258 |
| 16/09/05 | 10:23:30 | 432 | 527,2148 | 1059,039 | 479,7617 | -208,3994 | 0,732254 | 1,163986 |
| 16/09/05 | 10:23:40 | 448 | 513,8398 | 1101,016 | 479,2988 | -222,7236 | 0,75169 | 1,155945 |
| 16/09/05 | 10:23:50 | 456 | 498,1563 | 1127,305 | 472,8418 | -233,3516 | 0,771469 | 1,148987 |
| 16/09/05 | 10:24:00 | 408 | 489,8535 | 1148,063 | 454,8496 | -242,1309 | 0,78735 | 1,142227 |
| 16/09/05 | 10:24:10 | 424 | 476,4785 | 1169,742 | 419,791 | -256,916 | 0,798744 | 1,135178 |
| 16/09/05 | 10:24:20 | 432 | 462,1777 | 1182,195 | 421,6367 | -279,5586 | 0,793171 | 1,128372 |
| 16/09/05 | 10:24:30 | 440 | 454,3379 | 1200,648 | 415,1777 | -289,7246 | 0,815166 | 1,118851 |
| 16/09/05 | 10:24:40 | 448 | 445,5742 | 1218,641 | 410,5645 | -299,4277 | 0,822269 | 1,107948 |
| 16/09/05 | 10:24:50 | 408 | 441,8828 | 1230,633 | 408,7188 | -302,6621 | 0,82439 | 1,101143 |
| 16/09/05 | 10:25:00 | 416 | 435,4258 | 1233,398 | 407,7969 | -305,8965 | 0,809151 | 1,089409 |
| 16/09/05 | 10:25:10 | 424 | 434,041 | 1237,547 | 404,5684 | -307,7441 | 0,809349 | 1,079735 |
| 16/09/05 | 10:25:20 | 432 | 432,1973 | 1244,93 | 405,9512 | -307,7441 | 0,818474 | 1,062576 |
| 16/09/05 | 10:25:30 | 448 | 429,4297 | 1246,773 | 405,9512 | -309,5938 | 0,810333 | 1,049751 |
| 16/09/05 | 10:25:40 | 456 | 430,3516 | 1250,922 | 405,9512 | -312,8281 | 0,807621 | 1,039734 |
| 16/09/05 | 10:25:50 | 408 | 427,584 | 1258,305 | 407,3359 | -312,3652 | 0,820347 | 1,026466 |
| 16/09/05 | 10:26:00 | 416 | 428,5078 | 1262,922 | 405,0293 | -315,1387 | 0,821777 | 1,012901 |
| 16/09/05 | 10:26:10 | 432 | 428,5078 | 1265,227 | 406,4141 | -314,2148 | 0,822418 | 1,006493 |
| 16/09/05 | 10:26:20 | 440 | 427,584 | 1269,375 | 405,0293 | -316,5234 | 0,823849 | 0,998653 |
| 16/09/05 | 10:26:30 | 448 | 423,8945 | 1269,375 | 403,6445 | -317,4492 | 0,816353 | 0,985878 |
| 16/09/05 | 10:26:40 | 408 | 423,4336 | 1270,297 | 402,2617 | -319,7598 | 0,816895 | 0,976604 |
| 16/09/05 | 10:26:50 | 416 | 422,0488 | 1274,453 | 402,7227 | -321,6074 | 0,823257 | 0,961266 |
| 16/09/05 | 10:27:00 | 424 | 423,8945 | 1278,602 | 401,3379 | -322,0684 | 0,82444 | 0,953815 |
| 16/09/05 | 10:27:10 | 432 | 420,666 | 1280,906 | 399,0313 | -323,918 | 0,822716 | 0,946419 |
| 16/09/05 | 10:27:20 | 448 | 420,666 | 1282,75 | 397,6484 | -326,2285 | 0,826412 | 0,938278 |
| 16/09/05 | 10:27:30 | 456 | 419,7422 | 1288,75 | 402,7227 | -327,6133 | 0,83041 | 0,926147 |
| 16/09/05 | 10:27:40 | 408 | 418,3594 | 1295,664 | 399,0313 | -327,6133 | 0,831249 | 0,917465 |
| 16/09/05 | 10:27:50 | 416 | 415,1309 | 1294,281 | 399,0313 | -329,4629 | 0,809052 | 0,910511 |
| 16/09/05 | 10:28:00 | 432 | 414,207 | 1298,438 | 398,1094 | -329,4629 | 0,811714 | 0,898869 |
| 16/09/05 | 10:28:10 | 440 | 415,1309 | 1298,898 | 400,416 | -327,1523 | 0,817684 | 0,889843 |
| 16/09/05 | 10:28:20 | 448 | 415,1309 | 1303,047 | 401,3379 | -331,3105 | 0,822269 | 0,879833 |
| 16/09/05 | 10:28:30 | 408 | 411,4395 | 1318,266 | 392,5742 | -325,7656 | 0,813343 | 0,870953 |
| 16/09/05 | 10:28:40 | 416 | 412,8242 | 1336,719 | 397,1875 | -325,3047 | 0,811962 | 0,863949 |
| 16/09/05 | 10:28:50 | 424 | 411,4395 | 1355,633 | 401,3379 | -328,5391 | 0,820297 | 0,853344 |
| 16/09/05 | 10:29:00 | 432 | 414,6699 | 1369,469 | 405,9512 | -325,7656 | 0,821877 | 0,84481 |
| 16/09/05 | 10:29:10 | 448 | 411,9023 | 1377,773 | 408,2578 | -329 | 0,814823 | 0,837364 |
| 16/09/05 | 10:29:20 | 456 | 413,2852 | 1391,609 | 416,5625 | -330,3867 | 0,823009 | 0,824787 |
| 16/09/05 | 10:29:30 | 408 | 411,4395 | 1404,984 | 416,5625 | -330,3867 | 0,826412 | 0,81152 |
| 16/09/05 | 10:29:40 | 416 | 411,4395 | 1417,438 | 421,6367 | -332,2344 | 0,825031 | 0,803379 |
| 16/09/05 | 10:29:50 | 432 | 409,1348 | 1431,734 | 427,6328 | -330,8496 | 0,826267 | 0,792233 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 16/09/05 | 10:30:00 | 440 | 408,6719 | 1447,422 | 432,2461 | -331,3105 | 0,829029 | 0,783356 |
| 16/09/05 | 10:30:10 | 448 | 408,2109 | 1461,258 | 435,9375 | -330,8496 | 0,836773 | 0,775066 |
| 16/09/05 | 10:30:20 | 408 | 410,5176 | 1473,25 | 439,166 | -329,9238 | 0,834553 | 0,766487 |
| 16/09/05 | 10:30:30 | 416 | 404,9824 | 1488,016 | 441,0117 | -328,0762 | 0,828487 | 0,759777 |
| 16/09/05 | 10:30:40 | 424 | 406,3672 | 1507,844 | 447,9316 | -329,9238 | 0,831249 | 0,746952 |
| 16/09/05 | 10:30:50 | 432 | 403,1367 | 1520,758 | 452,082 | -327,1523 | 0,826118 | 0,740345 |
| 16/09/05 | 10:31:00 | 448 | 402,2148 | 1535,984 | 455,7734 | -325,7656 | 0,820545 | 0,729298 |
| 16/09/05 | 10:31:10 | 456 | 36,90015 | -675,7422 | 88,57373 | -127,998 | 0,233546 | 0,665325 |
| 16/09/05 | 10:31:20 | 408 | 29,98145 | -690,5 | 83,96094 | -126,1499 | 0,235766 | 0,665176 |
| 16/09/05 | 10:31:30 | 424 | 28,13647 | -697,418 | 85,34473 | -126,1499 | 0,234286 | 0,665127 |
| 16/09/05 | 10:31:40 | 432 | 27,67517 | -699,7266 | 82,57715 | -123,3774 | 0,235964 | 0,665127 |
| 16/09/05 | 10:31:50 | 440 | 27,67517 | -702,0313 | 82,57666 | -122,915 | 0,235224 | 0,665077 |
| 16/09/05 | 10:32:00 | 448 | 25,8302 | -702,0313 | 84,8833 | -122,915 | 0,236062 | 0,665028 |
| 16/09/05 | 10:32:10 | 408 | 23,52393 | -703,8789 | 83,03809 | -123,3774 | 0,236012 | 0,665028 |
| 16/09/05 | 10:32:20 | 416 | 24,44641 | -702,9531 | 84,42236 | -121,0669 | 0,236802 | 0,664879 |
| 16/09/05 | 10:32:30 | 424 | 24,90759 | -704,8008 | 83,96094 | -121,9912 | 0,245927 | 0,662464 |
| 16/09/05 | 10:32:40 | 432 | -18,91162 | -618,082 | 2,771194 | -106,7427 | 0,046978 | 0,771862 |
| 16/09/05 | 10:32:50 | 448 | -54,42847 | -558,582 | -10,14545 | -108,1289 | 0,00198 | 0,826511 |

B.2. LAMINADOS ENTRE ESTRIBOS

Resultados Viga 16

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 19/8/05 | 10:00:03 | 504 | -3,22406 | 2,304169 | 3,682129 | -0,001617 | 0,529633 |
| 19/08/05 | 10:00:13 | 448 | -4,14563 | 5,989899 | 5,980408 | -0,001863 | 0,529339 |
| 19/08/05 | 10:00:23 | 456 | -0,920307 | 1,382683 | 5,061005 | 0,068976 | 0,551632 |
| 19/08/05 | 10:00:28 | 464 | -3,224167 | 0,00055 | 0,004497 | 0,115954 | 0,583988 |
| 19/08/05 | 10:00:33 | 472 | -4,606476 | 3,686279 | 0,464201 | 0,11868 | 0,590599 |
| 19/08/05 | 10:00:43 | 480 | -2,763382 | 9,214905 | 1,383499 | 0,128593 | 0,599133 |
| 19/08/05 | 10:00:53 | 488 | -1,841873 | 12,43994 | 1,383499 | 0,136267 | 0,607121 |
| 19/08/05 | 10:01:03 | 440 | -3,224167 | 15,66498 | 3,6819 | 0,160256 | 0,626457 |
| 19/08/05 | 10:01:13 | 504 | 2,765808 | 25,80078 | 3,682007 | 0,17692 | 0,643719 |
| 19/08/05 | 10:01:23 | 464 | 0,922726 | 32,25073 | 3,222198 | 0,187382 | 0,653633 |
| 19/08/05 | 10:01:33 | 472 | 1,844238 | 36,39722 | 1,843307 | 0,202845 | 0,664978 |
| 19/08/05 | 10:01:43 | 480 | 3,226532 | 41,92603 | 4,601318 | 0,212065 | 0,673855 |
| 19/08/05 | 10:01:53 | 496 | 5,99115 | 44,22949 | -1,37439 | 0,233004 | 0,691711 |
| 19/08/05 | 10:02:03 | 448 | 15,20642 | 55,74756 | 0,46409 | 0,245532 | 0,703304 |
| 19/08/05 | 10:02:13 | 456 | 29,02942 | 64,96191 | 2,303009 | 0,265507 | 0,721405 |
| 19/08/05 | 10:02:23 | 472 | 50,6853 | 73,71533 | 7,819122 | 0,286076 | 0,738617 |
| 19/08/05 | 10:02:33 | 480 | 71,88037 | 76,94043 | 15,63373 | 0,304079 | 0,758053 |
| 19/08/05 | 10:02:43 | 488 | 90,77197 | 86,15479 | 14,71448 | 0,32218 | 0,77433 |
| 19/08/05 | 10:02:53 | 440 | 123,9468 | 96,29102 | 19,771 | 0,342255 | 0,794403 |
| 19/08/05 | 10:03:03 | 504 | 175,0918 | 111,0337 | 34,94043 | 0,363218 | 0,811764 |
| 19/08/05 | 10:03:13 | 464 | 220,707 | 125,7769 | 40,45654 | 0,384624 | 0,831741 |
| 19/08/05 | 10:03:23 | 472 | 254,8037 | 144,2051 | 43,2146 | 0,411554 | 0,852703 |
| 19/08/05 | 10:03:33 | 480 | 267,7051 | 147,8916 | 42,29517 | 0,412294 | 0,858326 |
| 19/08/05 | 10:03:43 | 496 | 287,9785 | 160,791 | 34,94019 | 0,432911 | 0,876823 |
| 19/08/05 | 10:03:53 | 448 | 302,2617 | 173,6914 | 33,56128 | 0,44618 | 0,887478 |
| 19/08/05 | 10:04:03 | 456 | 308,7129 | 169,084 | 34,48071 | 0,447266 | 0,891815 |
| 19/08/05 | 10:04:13 | 472 | 310,5566 | 179,6807 | 31,72266 | 0,443861 | 0,892704 |
| 19/08/05 | 10:04:23 | 480 | 310,5566 | 181,0625 | 32,18213 | 0,442629 | 0,891621 |
| 19/08/05 | 10:04:33 | 488 | 313,7813 | 185,6699 | 29,88391 | 0,442825 | 0,891422 |
| 19/08/05 | 10:04:43 | 504 | 313,7813 | 184,749 | 31,72266 | 0,442383 | 0,891373 |
| 19/08/05 | 10:04:53 | 456 | 315,1641 | 179,6807 | 30,34363 | 0,438583 | 0,891373 |
| 19/08/05 | 10:05:03 | 464 | 316,5469 | 186,5918 | 31,72266 | 0,438831 | 0,89093 |
| 19/08/05 | 10:05:13 | 472 | 315,1641 | 183,8271 | 32,18213 | 0,439028 | 0,891029 |
| 19/08/05 | 10:05:23 | 480 | 325,3008 | 189,3555 | 31,72266 | 0,465366 | 0,907158 |
| 19/08/05 | 10:05:33 | 496 | 346,4961 | 212,8525 | 30,34351 | 0,495897 | 0,929649 |
| 19/08/05 | 10:05:43 | 448 | 373,2207 | 245,1025 | 25,28711 | 0,518387 | 0,95224 |
| 19/08/05 | 10:05:53 | 456 | 396,2578 | 277,8145 | 21,6095 | 0,543839 | 0,974285 |
| 19/08/05 | 10:06:03 | 472 | 414,2285 | 305,457 | 12,41602 | 0,557255 | 0,989231 |
| 19/08/05 | 10:06:13 | 480 | 424,8262 | 360,7441 | 0,46409 | 0,587887 | 1,015022 |
| 19/08/05 | 10:06:23 | 488 | 392,5723 | 494,3516 | -22,51978 | 0,595036 | 1,034706 |
| 19/08/05 | 10:06:33 | 440 | 351,5645 | 659,2891 | -38,14893 | 0,61314 | 1,056801 |
| 19/08/05 | 10:06:43 | 456 | 349,2598 | 715,0352 | -42,74585 | 0,63129 | 1,07579 |
| 19/08/05 | 10:06:53 | 464 | 348,7988 | 754,6563 | -42,74585 | 0,650379 | 1,096954 |
| 19/08/05 | 10:07:03 | 472 | 346,957 | 806,7188 | -45,04419 | 0,673759 | 1,123291 |
| 19/08/05 | 10:07:13 | 480 | 349,7207 | 850,9492 | -48,72168 | 0,6889 | 1,144348 |
| 19/08/05 | 10:07:23 | 496 | 352,0254 | 880,8945 | -51,47998 | 0,713661 | 1,176804 |
| 19/08/05 | 10:07:33 | 448 | 361,2402 | 118,4053 | -25,27808 | 0,66848 | 1,195305 |
| 19/08/05 | 10:07:43 | 456 | 364,4648 | 113,7983 | -26,65698 | 0,666706 | 1,195549 |
| 19/08/05 | 10:07:53 | 472 | 362,1621 | 103,6621 | -23,8988 | 0,689983 | 1,215523 |
| 19/08/05 | 10:08:03 | 480 | 367,6914 | 92,14453 | -22,97949 | 0,704636 | 1,232246 |
| 19/08/05 | 10:08:13 | 488 | 368,6133 | 82,0083 | -21,14075 | 0,709618 | 1,253403 |
| 19/08/05 | 10:08:23 | 440 | 371,377 | 75,55811 | -19,76184 | 0,738716 | 1,285118 |
| 19/08/05 | 10:08:33 | 456 | 374,6016 | 46,5332 | -17,92297 | 0,766338 | 1,323395 |
| 19/08/05 | 10:08:43 | 464 | 346,957 | -435,8398 | 20,23059 | 0,389557 | 1,512703 |
| 19/08/05 | 10:08:53 | 472 | 351,5645 | -443,6719 | 19,77087 | 0,389458 | 1,514275 |

19/08/05 10:09:03 488 348,3379 -453,3477 19,771 0,387041 1,513489

Resultados Viga 18

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Estribo 2 | Fibra 3A | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 30/08/05 | 10:25:59 | 504 | -3,698456 | 5,995941 | 0,464151 | 1,385139 | 0,922844 | -0,001146 | 0,600315 |
| 30/08/05 | 10:26:09 | 456 | -5,085419 | 6,918549 | 0,925331 | 2,308777 | 0,004601 | -0,001062 | 0,600315 |
| 30/08/05 | 10:26:19 | 464 | -9,246094 | 8,763733 | 1,847801 | -0,462044 | -1,831886 | 0,049675 | 0,639427 |
| 30/08/05 | 10:26:24 | 464 | -18,95435 | 2,305496 | 3,231445 | 5,079498 | -14,68658 | 0,11172 | 0,705669 |
| 30/08/05 | 10:26:29 | 416 | -18,02979 | 5,073303 | 3,231445 | 6,464966 | -13,76862 | 0,117327 | 0,712231 |
| 30/08/05 | 10:26:39 | 432 | -12,94446 | 12,91553 | 6,921112 | 12,00659 | -18,8186 | 0,14666 | 0,743847 |
| 30/08/05 | 10:26:49 | 440 | -1,849281 | 29,98376 | 8,766052 | 17,08643 | -21,57312 | 0,162806 | 0,762688 |
| 30/08/05 | 10:26:59 | 448 | 24,03943 | 62,73657 | 17,52905 | 16,16272 | -22,49158 | 0,180134 | 0,782665 |
| 30/08/05 | 10:27:09 | 456 | 94,77148 | 70,57861 | 20,29639 | 17,08643 | -19,27783 | 0,17693 | 0,782909 |
| 30/08/05 | 10:27:19 | 464 | 45,30518 | 75,65283 | 21,21875 | 20,31897 | -18,8186 | 0,1761 | 0,783257 |
| 30/08/05 | 10:27:29 | 424 | 43,91846 | 79,80469 | 24,90845 | 18,93359 | -19,27759 | 0,174562 | 0,783405 |
| 30/08/05 | 10:27:39 | 432 | 36,52148 | 83,03369 | 14,30054 | 24,4751 | -16,52307 | 0,174874 | 0,783306 |
| 30/08/05 | 10:27:49 | 440 | 37,90845 | 105,6377 | 15,22302 | 24,4751 | -16,52307 | 0,174757 | 0,783306 |
| 30/08/05 | 10:27:59 | 456 | 36,98389 | 103,3315 | 16,60669 | 25,3988 | -15,14587 | 0,17376 | 0,783356 |
| 30/08/05 | 10:28:09 | 464 | 53,16431 | 105,1768 | 17,06787 | 24,93701 | -14,2276 | 0,174141 | 0,783356 |
| 30/08/05 | 10:28:19 | 472 | 54,55127 | 116,709 | 19,3739 | 25,8606 | -18,3595 | 0,196548 | 0,800716 |
| 30/08/05 | 10:28:29 | 432 | 243,1699 | 180,8301 | 43,35693 | 35,09668 | 7,350311 | 0,215094 | 0,822815 |
| 30/08/05 | 10:28:39 | 440 | 331,0059 | 258,3301 | 49,81396 | 46,17993 | 15,15485 | 0,24055 | 0,85004 |
| 30/08/05 | 10:28:49 | 448 | 404,0488 | 409,1758 | 63,65063 | 54,9541 | 25,71411 | 0,266937 | 0,879734 |
| 30/08/05 | 10:28:59 | 456 | 465,5352 | 497,748 | 71,02979 | 63,2666 | 32,14136 | 0,284891 | 0,901337 |
| 30/08/05 | 10:29:09 | 472 | 473,3945 | 574,3242 | 71,49121 | 67,42285 | 34,43726 | 0,281637 | 0,901585 |
| 30/08/05 | 10:29:19 | 424 | 477,0938 | 556,332 | 71,95215 | 67,42285 | 34,43701 | 0,282278 | 0,901634 |
| 30/08/05 | 10:29:29 | 432 | 482,1777 | 555,8711 | 79,33154 | 74,81152 | 33,5188 | 0,281538 | 0,901585 |
| 30/08/05 | 10:29:39 | 440 | 488,1875 | 560,4844 | 80,71533 | 69,73193 | 35,35522 | 0,291304 | 0,908833 |
| 30/08/05 | 10:29:49 | 456 | 536,7305 | 642,1367 | 89,47852 | 85,43311 | 37,65063 | 0,32445 | 0,939758 |
| 30/08/05 | 10:29:59 | 464 | 620,4063 | 735,3203 | 96,39648 | 95,59277 | 39,94629 | 0,338902 | 0,963978 |
| 30/08/05 | 10:30:09 | 416 | 702,6953 | 839,5742 | 112,0781 | 110,3706 | 41,78271 | 0,37402 | 1,000229 |
| 30/08/05 | 10:30:19 | 432 | 804,4023 | 995,0352 | 133,7549 | 130,6895 | 44,07813 | 0,393896 | 1,027649 |
| 30/08/05 | 10:30:29 | 440 | 865,8867 | 1073,914 | 148,0527 | 139,9258 | 47,29175 | 0,411455 | 1,048813 |
| 30/08/05 | 10:30:39 | 448 | 934,3086 | 1140,805 | 177,5703 | 149,1611 | 54,63745 | 0,429312 | 1,069725 |
| 30/08/05 | 10:30:49 | 456 | 1043,867 | 1250,133 | 247,6748 | 164,8633 | 72,54248 | 0,466698 | 1,107704 |
| 30/08/05 | 10:30:59 | 472 | 1182,102 | 1428,664 | 371,7422 | 194,8799 | 134,9795 | 0,482975 | 1,133553 |
| 30/08/05 | 10:31:09 | 424 | 1394,758 | 1647,781 | 488,8906 | 240,1367 | 213,0273 | 0,519722 | 1,176758 |
| 30/08/05 | 10:31:19 | 432 | 1524,203 | 1713,75 | 543,3125 | 246,6016 | 264,9043 | 0,510548 | 1,17868 |
| 30/08/05 | 10:31:29 | 440 | 1540,844 | 1725,281 | 547,9258 | 251,2197 | 269,4961 | 0,507786 | 1,178879 |
| 30/08/05 | 10:31:39 | 456 | 1610,188 | 1963,773 | 562,6836 | 273,3867 | 284,6465 | 0,525146 | 1,201172 |
| 30/08/05 | 10:31:49 | 464 | 1617,125 | 2380,797 | 568,2188 | 290,0117 | 283,2695 | 0,522434 | 1,201569 |
| 30/08/05 | 10:31:59 | 472 | 1638,391 | 2155,219 | 582,9766 | 305,25 | 288,3184 | 0,539745 | 1,2174 |
| 30/08/05 | 10:32:09 | 432 | 1624,984 | 2465,219 | 536,8555 | 341,2715 | 263,0684 | 0,545368 | 1,231064 |
| 30/08/05 | 10:32:19 | 440 | 1624,523 | 2700,484 | 540,5469 | 364,8223 | 265,3633 | 0,560413 | 1,253311 |
| 30/08/05 | 10:32:29 | 448 | 1629,609 | 2860,094 | 545,1563 | 392,9922 | 272,709 | 0,573483 | 1,276932 |
| 30/08/05 | 10:32:39 | 456 | 1638,852 | 3171,469 | 551,6133 | 396,2246 | 279,5957 | 0,581028 | 1,293259 |
| 30/08/05 | 10:32:49 | 472 | 1654,57 | 3425,656 | 556,6875 | 423,9336 | 284,1875 | 0,597603 | 1,316048 |
| 30/08/05 | 10:32:59 | 424 | 1662,43 | 3467,625 | 559,457 | 428,0898 | 286,9414 | 0,592422 | 1,317131 |
| 30/08/05 | 10:33:09 | 432 | 1666,586 | 3519,75 | 561,7617 | 429,0137 | 287,8594 | 0,59045 | 1,317375 |
| 30/08/05 | 10:33:19 | 440 | 1678,148 | 3603,25 | 565,9141 | 440,0977 | 289,6973 | 0,6124 | 1,338097 |
| 30/08/05 | 10:33:29 | 456 | 1686,469 | 3666,453 | 571,4453 | 443,791 | 293,3691 | 0,608601 | 1,339676 |
| 30/08/05 | 10:33:39 | 464 | 1711,898 | 3986,594 | 579,2891 | 471,0371 | 299,7969 | 0,636322 | 1,373314 |
| 30/08/05 | 10:33:49 | 416 | 1746,102 | 4330,719 | 587,1289 | 502,9023 | 311,2734 | 0,652302 | 1,406059 |
| 30/08/05 | 10:33:59 | 432 | 1765,063 | 4493,563 | 592,2031 | 513,9844 | 316,3242 | 0,646927 | 1,412033 |
| 30/08/05 | 10:34:09 | 440 | 1786,328 | 4893,063 | 600,043 | 540,3086 | 324,1289 | 0,666508 | 1,434769 |
| 30/08/05 | 10:34:19 | 448 | 1826,086 | 5713,719 | 608,3438 | 577,25 | 335,1484 | 0,690033 | 1,471169 |
| 30/08/05 | 10:34:29 | 456 | 1856,133 | 6372,938 | 619,875 | 603,1133 | 351,2168 | 0,699207 | 1,490654 |
| 30/08/05 | 10:34:39 | 472 | 1885,258 | 7153,469 | 631,4063 | 626,2031 | 367,2852 | 0,712574 | 1,515411 |
| 30/08/05 | 10:34:49 | 472 | 1921,32 | 7199,594 | 644,7813 | 237,3662 | 383,8125 | 0,699062 | 1,533218 |
| 30/08/05 | 10:34:59 | 432 | 1924,555 | 7206,063 | 643,8594 | 230,9004 | 383,8125 | 0,69334 | 1,534058 |
| 30/08/05 | 10:35:09 | 440 | 1933,797 | 7280,781 | 645,7031 | 217,0469 | 390,6992 | 0,711243 | 1,554573 |
| 30/08/05 | 10:35:19 | 456 | 1952,289 | 7368,875 | 653,082 | 192,1094 | 401,7168 | 0,725498 | 1,577362 |
| 30/08/05 | 10:35:29 | 464 | 1974,484 | 7470,844 | 664,1523 | 149,1611 | 411,3594 | 0,736794 | 1,600349 |
| 30/08/05 | 10:35:39 | 416 | 1980,953 | 7491,125 | 665,5352 | 137,1543 | 415,4902 | 0,731319 | 1,601776 |
| 30/08/05 | 10:35:49 | 432 | 2001,297 | 7636,438 | 674,2969 | 106,2144 | 428,3457 | 0,759827 | 1,638176 |
| 30/08/05 | 10:35:59 | 440 | 2024,875 | 7802,531 | 689,0586 | 64,65186 | 449,0039 | 0,772453 | 1,671913 |
| 30/08/05 | 10:36:09 | 448 | 2052,609 | 8003,188 | 704,2773 | 29,09326 | 475,1738 | 0,778915 | 1,704079 |
| 30/08/05 | 10:36:19 | 456 | 2075,719 | 8291,5 | 718,5742 | -11,54535 | 503,1777 | 0,796276 | 1,748665 |
| 30/08/05 | 10:36:29 | 472 | 2082,188 | 8403,125 | 725,0313 | -20,78137 | 514,6563 | 0,787697 | 1,753891 |
| 30/08/05 | 10:36:39 | 424 | 2085,891 | 8510,625 | 725,9531 | -31,40283 | 526,1328 | 0,801998 | 1,774704 |
| 30/08/05 | 10:36:49 | 432 | 2095,141 | 8642,063 | 735,6406 | -43,87134 | 536,2344 | 0,807621 | 1,795914 |
| 30/08/05 | 10:36:59 | 440 | 2101,141 | 8716,375 | 737,0234 | -62,80542 | 548,6289 | 0,812653 | 1,826942 |
| 30/08/05 | 10:37:09 | 456 | 2107,625 | 8762,938 | 739,3281 | -77,12109 | 549,5469 | 0,808311 | 1,855103 |
| 30/08/05 | 10:37:19 | 464 | 2997,094 | 0 | 602,8086 | -307,5605 | 405,8496 | 0,28578 | 1,997406 |
| 30/08/05 | 10:37:29 | 416 | 2988,766 | 0 | 601,8867 | -307,5605 | 402,1758 | 0,286125 | 1,997406 |
| 30/08/05 | 10:37:39 | 432 | 3017,422 | 0 | 597,2734 | -300,6328 | 397,5859 | 0,28647 | 1,997452 |
| 30/08/05 | 10:37:49 | 440 | 3010,953 | 0 | 592,2031 | -300,6328 | 397,127 | 0,285385 | 1,997597 |
| 30/08/05 | 10:37:59 | 448 | 3008,641 | 0 | 593,5859 | -301,5566 | 395,2891 | 0,284595 | 1,997597 |
| 30/08/05 | 10:38:09 | 456 | 3004,484 | 0 | 593,125 | -302,9414 | 394,8301 | 0,285089 | 1,997406 |
| 30/08/05 | 10:38:19 | 472 | 3002,641 | 0 | 589,8945 | -304,7891 | 393,9121 | 0,284695 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:38:29 | 424 | 3001,703 | 0 | 588,9727 | -304,3281 | 390,6992 | 0,284744 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:38:39 | 432 | 3000,781 | 0 | 590,8164 | -302,4805 | 394,8301 | 0,285385 | 1,997597 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 30/08/05 | 10:38:49 | 496 | 2999,859 | 0 | 589,4336 | -303,4043 | 390,2402 | 0,285089 | 1,997498 |
| 30/08/05 | 10:38:59 | 456 | 2997,094 | 0 | 588,5117 | -306,6367 | 388,4043 | 0,285286 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:39:09 | 464 | 2995,703 | 0 | 584,3594 | -307,0977 | 387,0254 | 0,284054 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:39:19 | 416 | 2993,844 | 0 | 584,3594 | -302,9414 | 390,2402 | 0,284201 | 1,997597 |
| 30/08/05 | 10:39:29 | 432 | 2994,781 | 0 | 584,8203 | -302,9414 | 387,0254 | 0,2843 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:39:39 | 440 | 2994,781 | 0 | 584,3594 | -301,5566 | 390,6992 | 0,283955 | 1,997498 |
| 30/08/05 | 10:39:49 | 448 | 2993,844 | 0 | 584,3594 | -302,9414 | 388,8633 | 0,283955 | 1,997498 |
| 30/08/05 | 10:39:59 | 456 | 2994,313 | 0 | 584,8203 | -304,3281 | 389,7813 | 0,284496 | 1,997597 |
| 30/08/05 | 10:40:09 | 416 | 2993,844 | 0 | 583,4375 | -301,5566 | 385,6484 | 0,284103 | 1,997406 |
| 30/08/05 | 10:40:19 | 424 | 2990,609 | 0 | 585,7461 | -302,9414 | 386,5664 | 0,28425 | 1,997498 |
| 30/08/05 | 10:40:29 | 432 | 2991,547 | 0 | 584,3594 | -302,9414 | 387,0254 | 0,283758 | 1,997498 |
| 30/08/05 | 10:40:39 | 440 | 2992 | 0 | 582,0547 | -302,0176 | 386,5664 | 0,284595 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:40:49 | 456 | 2989,688 | 0 | 584,3594 | -304,7891 | 385,6484 | 0,284054 | 1,997551 |
| 30/08/05 | 10:40:59 | 464 | 2990,609 | 0 | 581,5938 | -303,8652 | 386,5664 | 0,283659 | 1,997597 |
| 30/08/05 | 10:41:09 | 416 | 1795,57 | 0 | 309,0156 | -641,4414 | 183,6445 | 0,00467 | 1,396049 |
| 30/08/05 | 10:41:19 | 480 | 1568,578 | 0 | 270,7344 | -647,4453 | 163,9033 | -0,000454 | 1,358513 |

Resultados Viga 22

| Data | Hora | seg. x 10 ³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto 1 | Concreto 2 | Célula | Flecha |
|----------|----------|------------------------|----------|----------|------------|------------|----------|----------|
| 08/09/05 | 11:01:30 | 496 | 5,536987 | 6,915283 | 3,233368 | 1,845901 | 0,00151 | 1,346329 |
| 08/09/05 | 11:01:40 | 576 | 5,998108 | 7,376312 | 4,158081 | 0,46887 | 0,001504 | 1,346329 |
| 08/09/05 | 11:01:51 | 448 | 4,153595 | 6,454254 | -0,002979 | -0,449591 | 0,070802 | 1,333855 |
| 08/09/05 | 11:01:56 | 456 | 4,153595 | 14,29181 | -0,465345 | 1,386894 | 0,120438 | 1,321571 |
| 08/09/05 | 11:02:01 | 464 | 6,920349 | 15,67493 | -1,389969 | 1,386894 | 0,128779 | 1,319595 |
| 08/09/05 | 11:02:11 | 416 | 6,459259 | 17,05798 | -0,465345 | 1,387115 | 0,135422 | 1,317673 |
| 08/09/05 | 11:02:21 | 424 | 10,14819 | 21,66833 | -0,927711 | 3,682388 | 0,153018 | 1,31353 |
| 08/09/05 | 11:02:31 | 432 | 10,60931 | 22,12939 | 0,921642 | 5,059845 | 0,166317 | 1,310471 |
| 08/09/05 | 11:02:41 | 448 | 11,99268 | 27,20068 | 0,921642 | 7,355133 | 0,175475 | 1,308105 |
| 08/09/05 | 11:02:51 | 456 | 13,83716 | 27,20068 | 1,846375 | 8,273376 | 0,189707 | 1,304405 |
| 08/09/05 | 11:03:01 | 464 | 14,7594 | 29,50586 | 3,695831 | 8,273376 | 0,205809 | 1,300804 |
| 08/09/05 | 11:03:11 | 424 | 15,6817 | 34,11621 | 4,620453 | 8,27356 | 0,216055 | 1,298096 |
| 08/09/05 | 11:03:21 | 432 | 18,44849 | 35,96021 | 4,620331 | 9,650818 | 0,225754 | 1,295479 |
| 08/09/05 | 11:03:31 | 440 | 20,75403 | 38,26538 | 5,545197 | 11,48712 | 0,243954 | 1,291092 |
| 08/09/05 | 11:03:41 | 448 | 21,21509 | 42,41479 | 3,233475 | 9,650818 | 0,263683 | 1,286255 |
| 08/09/05 | 11:03:51 | 456 | 27,6709 | 46,56396 | 3,695831 | 9,191833 | 0,271919 | 1,284035 |
| 08/09/05 | 11:04:01 | 416 | 26,2876 | 46,10303 | 3,695831 | 9,650635 | 0,268467 | 1,283836 |
| 08/09/05 | 11:04:11 | 424 | 29,51538 | 47,94727 | 3,695831 | 9,650818 | 0,279516 | 1,281174 |
| 08/09/05 | 11:04:21 | 432 | 36,89331 | 52,09644 | 8,781494 | 16,07813 | 0,298407 | 1,276291 |
| 08/09/05 | 11:04:31 | 448 | 47,49927 | 61,31714 | 12,94269 | 22,04639 | 0,318235 | 1,271461 |
| 08/09/05 | 11:04:41 | 456 | 65,48291 | 56,70679 | 23,57654 | 29,39209 | 0,33683 | 1,266823 |
| 08/09/05 | 11:04:51 | 464 | 75,62744 | 82,98584 | 21,72717 | 30,3103 | 0,336287 | 1,266029 |
| 08/09/05 | 11:05:01 | 424 | 77,47217 | 116,6411 | 22,65186 | 30,76929 | 0,336927 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:05:11 | 432 | 75,1665 | 81,1416 | 22,65186 | 29,85132 | 0,337076 | 1,265587 |
| 08/09/05 | 11:05:21 | 440 | 75,62744 | 64,08301 | 23,57654 | 29,85107 | 0,335991 | 1,265488 |
| 08/09/05 | 11:05:31 | 448 | 77,93311 | 62,23926 | 23,11426 | 29,39209 | 0,333624 | 1,26564 |
| 08/09/05 | 11:05:41 | 456 | 76,08887 | 65,92725 | 23,11426 | 32,14673 | 0,333229 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:05:51 | 416 | 77,93311 | 67,31055 | 24,03894 | 29,85107 | 0,333574 | 1,265587 |
| 08/09/05 | 11:06:01 | 424 | 77,93311 | 68,23242 | 24,03894 | 29,85132 | 0,333328 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:06:11 | 432 | 77,93311 | 65,46631 | 24,03894 | 31,22852 | 0,332735 | 1,265488 |
| 08/09/05 | 11:06:21 | 448 | 79,77783 | 73,30371 | 24,96362 | 30,76929 | 0,333328 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:06:31 | 456 | 80,7002 | 81,60254 | 23,57654 | 30,76929 | 0,332045 | 1,265587 |
| 08/09/05 | 11:06:41 | 464 | 87,15576 | 96,81641 | 26,35071 | 31,22839 | 0,33234 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:06:51 | 424 | 91,76709 | 89,43994 | 26,35071 | 30,76953 | 0,331947 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:07:01 | 432 | 88,07813 | 87,13477 | 24,50134 | 32,14673 | 0,331699 | 1,265587 |
| 08/09/05 | 11:07:11 | 440 | 88,07813 | 88,979 | 24,03894 | 31,68762 | 0,331009 | 1,265488 |
| 08/09/05 | 11:07:21 | 448 | 88,53906 | 88,05713 | 24,03894 | 29,85132 | 0,331158 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:07:31 | 456 | 87,6167 | 88,979 | 24,9635 | 31,22839 | 0,331453 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:07:41 | 416 | 90,84473 | 79,7583 | 24,9635 | 31,68774 | 0,331305 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:07:51 | 424 | 88,07813 | 78,37549 | 24,9635 | 31,68762 | 0,331207 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:08:01 | 432 | 89,92236 | 77,45313 | 24,50134 | 32,14673 | 0,330318 | 1,265541 |
| 08/09/05 | 11:08:11 | 448 | 88,53906 | 75,14795 | 28,20007 | 31,68762 | 0,330959 | 1,265442 |
| 08/09/05 | 11:08:21 | 456 | 91,30615 | 77,45313 | 23,57654 | 29,85107 | 0,349012 | 1,26268 |
| 08/09/05 | 11:08:31 | 464 | 98,22266 | 80,68066 | 24,03894 | 29,39233 | 0,37397 | 1,2575 |
| 08/09/05 | 11:08:41 | 424 | 100,5283 | 79,29736 | 20,34009 | 27,55579 | 0,39291 | 1,252419 |
| 08/09/05 | 11:08:51 | 432 | 104,2173 | 82,52441 | 17,56604 | 28,47388 | 0,411654 | 1,24749 |
| 08/09/05 | 11:09:01 | 440 | 112,0566 | 85,75195 | 14,79193 | 28,47388 | 0,431284 | 1,242355 |
| 08/09/05 | 11:09:11 | 448 | 118,0513 | 92,66748 | 13,40509 | 32,14673 | 0,450224 | 1,237427 |
| 08/09/05 | 11:09:21 | 456 | 124,0459 | 101,4268 | 9,243896 | 31,22852 | 0,472124 | 1,231461 |
| 08/09/05 | 11:09:31 | 416 | 130,04 | 112,4917 | 8,319153 | 26,63733 | 0,486822 | 1,227219 |
| 08/09/05 | 11:09:41 | 424 | 130,9619 | 112,0308 | 7,394531 | 25,71912 | 0,491903 | 1,226028 |
| 08/09/05 | 11:09:51 | 432 | 140,6455 | 120,3296 | 0,921642 | 23,42383 | 0,524555 | 1,218437 |
| 08/09/05 | 11:10:01 | 448 | 144,7959 | 125,8618 | -5,551147 | 19,75085 | 0,541275 | 1,213303 |
| 08/09/05 | 11:10:11 | 456 | 168,3135 | 132,7773 | -6,938232 | 17,91455 | 0,559177 | 1,208076 |
| 08/09/05 | 11:10:21 | 464 | 188,1416 | 126,3228 | -0,927711 | 25,71936 | 0,566181 | 1,204819 |
| 08/09/05 | 11:10:31 | 424 | 195,5195 | 147,9912 | 0,459276 | 23,42383 | 0,568401 | 1,202011 |
| 08/09/05 | 11:10:41 | 432 | 198,748 | 149,374 | -0,002979 | 23,42383 | 0,586308 | 1,196785 |
| 08/09/05 | 11:10:51 | 440 | 206,5869 | 147,9912 | 0,921753 | 23,88281 | 0,601448 | 1,19091 |
| 08/09/05 | 11:11:01 | 448 | 203,3594 | 133,6992 | 4,158081 | 24,3418 | 0,615162 | 1,184944 |
| 08/09/05 | 11:11:11 | 456 | 201,0537 | 168,7373 | 5,545074 | 23,88281 | 0,626011 | 1,181099 |
| 08/09/05 | 11:11:21 | 416 | 202,4365 | 148,4521 | 7,856812 | 25,26025 | 0,625519 | 1,179321 |
| 08/09/05 | 11:11:31 | 424 | 205,2031 | 143,8418 | 9,243896 | 26,63757 | 0,642487 | 1,174583 |
| 08/09/05 | 11:11:41 | 432 | 203,3594 | 134,1602 | 10,63086 | 26,63733 | 0,647369 | 1,171875 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 08/09/05 | 11:11:51 | 448 | 203,3594 | 129,0889 | 10,63098 | 26,63757 | 0,657974 | 1,167633 |
| 08/09/05 | 11:12:01 | 456 | 207,9697 | 134,6211 | 13,40497 | 28,01477 | 0,668972 | 1,162949 |
| 08/09/05 | 11:12:11 | 464 | 206,126 | 128,6279 | 15,25433 | 27,09656 | 0,682438 | 1,157227 |
| 08/09/05 | 11:12:21 | 424 | 205,6641 | 123,0957 | 16,1792 | 25,71936 | 0,697433 | 1,152046 |
| 08/09/05 | 11:12:31 | 432 | 207,5088 | 121,2515 | 19,87769 | 28,93311 | 0,712574 | 1,146225 |
| 08/09/05 | 11:12:41 | 440 | 211,1982 | 120,3296 | 20,80249 | 30,3103 | 0,72747 | 1,140701 |
| 08/09/05 | 11:12:51 | 448 | 211,1982 | 117,1021 | 22,18945 | 31,22852 | 0,733093 | 1,138435 |
| 08/09/05 | 11:13:01 | 456 | 214,8867 | 115,7192 | 23,11426 | 31,68762 | 0,740295 | 1,134735 |
| 08/09/05 | 11:13:11 | 416 | 216,7314 | 115,7192 | 25,88831 | 32,60571 | 0,752773 | 1,129509 |
| 08/09/05 | 11:13:21 | 424 | 217,6543 | 126,7837 | 27,73779 | 33,0647 | 0,760864 | 1,122849 |
| 08/09/05 | 11:13:31 | 432 | 220,8818 | 110,1865 | 29,12463 | 35,36035 | 0,773441 | 1,116631 |
| 08/09/05 | 11:13:41 | 448 | 225,0322 | 110,1865 | 29,58716 | 35,3606 | 0,769691 | 1,116486 |
| 08/09/05 | 11:13:51 | 456 | 225,9541 | 108,8037 | 31,43652 | 38,11499 | 0,767078 | 1,116486 |
| 08/09/05 | 11:14:01 | 464 | 225,0322 | 108,8037 | 30,97412 | 37,65576 | 0,7654 | 1,116386 |
| 08/09/05 | 11:14:11 | 424 | 225,4932 | 105,1152 | 30,04932 | 37,65601 | 0,771132 | 1,114662 |
| 08/09/05 | 11:14:21 | 432 | 227,3369 | 104,1934 | 32,82349 | 39,03296 | 0,782909 | 1,110909 |
| 08/09/05 | 11:14:31 | 440 | 229,6426 | 97,73877 | 34,67285 | 38,11499 | 0,803185 | 1,102081 |
| 08/09/05 | 11:14:41 | 448 | 233,332 | 90,3623 | 34,67285 | 41,32886 | 0,814873 | 1,093796 |
| 08/09/05 | 11:14:51 | 456 | 235,6377 | 109,7256 | 37,44678 | 42,24707 | 0,813343 | 1,0895 |
| 08/09/05 | 11:15:01 | 416 | 237,0205 | 115,2578 | 40,68335 | 44,54248 | 0,813984 | 1,085754 |
| 08/09/05 | 11:15:11 | 424 | 237,9434 | 110,1865 | 38,37158 | 43,62427 | 0,819756 | 1,077026 |
| 08/09/05 | 11:15:21 | 432 | 244,3994 | 109,2646 | 40,68335 | 43,62427 | 0,823601 | 1,068489 |
| 08/09/05 | 11:15:31 | 448 | 242,5547 | 103,271 | 40,68335 | 42,70605 | 0,826069 | 1,058975 |
| 08/09/05 | 11:15:41 | 456 | 242,0938 | 98,66064 | 40,68335 | 44,54224 | 0,819313 | 1,058434 |
| 08/09/05 | 11:15:51 | 464 | 241,6318 | 100,5049 | 40,68335 | 43,16504 | 0,815956 | 1,058083 |
| 08/09/05 | 11:16:01 | 424 | 244,3994 | 98,66064 | 42,53271 | 44,54248 | 0,829178 | 1,053596 |
| 08/09/05 | 11:16:11 | 432 | 243,9375 | 95,89453 | 40,68335 | 43,62402 | 0,835686 | 1,041115 |
| 08/09/05 | 11:16:21 | 440 | 246,2432 | 90,82324 | 41,60815 | 43,62402 | 0,837364 | 1,031502 |
| 08/09/05 | 11:16:31 | 448 | 245,7822 | 90,82324 | 42,53271 | 42,70605 | 0,837414 | 1,02198 |
| 08/09/05 | 11:16:41 | 456 | 247,166 | 91,74512 | 42,07031 | 43,62427 | 0,835491 | 1,012802 |
| 08/09/05 | 11:16:51 | 416 | 247,166 | 91,74512 | 42,99512 | 43,16504 | 0,823898 | 1,003487 |
| 08/09/05 | 11:17:01 | 424 | 246,7051 | 92,66748 | 43,45752 | 44,54224 | 0,827152 | 0,994755 |
| 08/09/05 | 11:17:11 | 432 | 248,5488 | 90,82324 | 44,84448 | 44,54248 | 0,830803 | 0,986618 |
| 08/09/05 | 11:17:21 | 448 | 246,7051 | 89,90137 | 42,53271 | 44,0835 | 0,824097 | 0,979809 |
| 08/09/05 | 11:17:31 | 456 | 248,0879 | 90,82324 | 43,45752 | 43,62427 | 0,818668 | 0,973545 |
| 08/09/05 | 11:17:41 | 464 | 247,627 | 91,28418 | 44,84448 | 45,91968 | 0,820099 | 0,966988 |
| 08/09/05 | 11:17:51 | 424 | 248,5488 | 92,66748 | 45,30664 | 44,54248 | 0,828831 | 0,956528 |
| 08/09/05 | 11:18:01 | 432 | 249,4717 | 91,28418 | 44,84448 | 46,83765 | 0,825577 | 0,950859 |
| 08/09/05 | 11:18:11 | 440 | 249,4717 | 93,12842 | 45,76904 | 45,91968 | 0,822369 | 0,941978 |
| 08/09/05 | 11:18:21 | 448 | 251,7773 | 95,89453 | 44,84448 | 46,83765 | 0,813194 | 0,936703 |
| 08/09/05 | 11:18:31 | 456 | 249,9326 | 92,66748 | 46,23145 | 46,37866 | 0,819313 | 0,928318 |
| 08/09/05 | 11:18:41 | 416 | 252,6992 | 94,51123 | 46,69385 | 46,37866 | 0,823799 | 0,921165 |
| 08/09/05 | 11:18:51 | 424 | 250,3936 | 97,73877 | 43,91968 | 45,91968 | 0,818817 | 0,912285 |
| 08/09/05 | 11:19:01 | 432 | 250,3936 | 96,81641 | 44,38208 | 45,46045 | 0,818474 | 0,905628 |
| 08/09/05 | 11:19:11 | 448 | 250,3936 | 95,89453 | 44,84448 | 46,37866 | 0,825378 | 0,896503 |
| 08/09/05 | 11:19:21 | 456 | 250,3936 | 94,51123 | 44,38208 | 49,59253 | 0,822567 | 0,888313 |
| 08/09/05 | 11:19:31 | 464 | 251,7773 | 98,66064 | 46,23145 | 46,37866 | 0,822468 | 0,879436 |
| 08/09/05 | 11:19:41 | 424 | 253,1602 | 94,51123 | 44,84448 | 47,29688 | 0,835983 | 0,868191 |
| 08/09/05 | 11:19:51 | 432 | 252,6992 | 101,4268 | 44,38208 | 45,46045 | 0,825478 | 0,859905 |
| 08/09/05 | 11:20:01 | 440 | 251,7773 | 124,9395 | 44,84448 | 45,91943 | 0,820644 | 0,852951 |
| 08/09/05 | 11:20:11 | 448 | 254,083 | 100,5049 | 45,76904 | 46,83789 | 0,818768 | 0,8456 |
| 08/09/05 | 11:20:21 | 456 | 252,6992 | 86,21289 | 44,38208 | 48,67432 | 0,821037 | 0,832581 |
| 08/09/05 | 11:20:31 | 416 | 253,1602 | 86,67383 | 45,76904 | 46,83765 | 0,815266 | 0,82592 |
| 08/09/05 | 11:20:41 | 424 | 253,1602 | 83,90771 | 47,29688 | 48,54321 | 0,832035 | 0,814133 |
| 08/09/05 | 11:20:51 | 432 | 254,083 | 84,82959 | 46,23145 | 48,67432 | 0,819557 | 0,80629 |
| 08/09/05 | 11:21:01 | 448 | 252,6992 | 82,98584 | 48,08105 | 46,83789 | 0,812355 | 0,799435 |
| 08/09/05 | 11:21:11 | 456 | 255,4658 | 83,44678 | 48,54321 | 49,59253 | 0,818027 | 0,793221 |
| 08/09/05 | 11:21:21 | 464 | 255,0049 | 82,52441 | 48,08081 | 48,67456 | 0,827301 | 0,784195 |
| 08/09/05 | 11:21:31 | 424 | 255,0049 | 83,90771 | 49,00537 | 47,7561 | 0,829571 | 0,775906 |
| 08/09/05 | 11:21:41 | 432 | 254,5439 | 83,44678 | 49,00537 | 47,29688 | 0,827747 | 0,768112 |
| 08/09/05 | 11:21:51 | 440 | 255,0049 | 82,06348 | 49,00537 | 48,67432 | 0,825626 | 0,760765 |
| 08/09/05 | 11:22:01 | 448 | 257,7715 | 79,7583 | 47,61841 | 48,67432 | 0,824196 | 0,754303 |
| 08/09/05 | 11:22:11 | 456 | 253,6211 | 79,7583 | 47,61865 | 48,21533 | 0,83337 | 0,744686 |
| 08/09/05 | 11:22:21 | 416 | 258,2324 | 80,68066 | 47,61841 | 46,83765 | 0,834404 | 0,736252 |
| 08/09/05 | 11:22:31 | 424 | 255,9268 | 82,06348 | 48,08081 | 46,83789 | 0,826118 | 0,728111 |
| 08/09/05 | 11:22:41 | 432 | 255,9268 | 82,52441 | 48,54321 | 47,7561 | 0,836967 | 0,716522 |
| 08/09/05 | 11:22:51 | 448 | 254,083 | 82,52441 | 49,46802 | 45,46045 | 0,820148 | 0,714645 |
| 08/09/05 | 11:23:01 | 456 | 254,083 | 82,98584 | 49,00537 | 46,83789 | 0,815613 | 0,714401 |
| 08/09/05 | 11:23:11 | 464 | 255,0049 | 83,44678 | 50,39258 | 48,21533 | 0,813885 | 0,714203 |
| 08/09/05 | 11:23:21 | 424 | 256,8496 | 83,44678 | 48,08081 | 48,21533 | 0,812851 | 0,714104 |
| 08/09/05 | 11:23:31 | 432 | 256,3887 | 82,06348 | 50,39258 | 48,21509 | 0,825031 | 0,708282 |
| 08/09/05 | 11:23:41 | 440 | 255,0049 | 82,52441 | 48,08081 | 48,21533 | 0,83046 | 0,700394 |
| 08/09/05 | 11:23:51 | 448 | 256,3887 | 82,06348 | 47,15601 | 45,00146 | 0,827991 | 0,689442 |
| 08/09/05 | 11:24:01 | 456 | 256,3887 | 84,36865 | 49,46777 | 46,83789 | 0,82222 | 0,682095 |
| 08/09/05 | 11:24:11 | 416 | 255,4658 | 81,60254 | 50,39258 | 46,83765 | 0,833073 | 0,67001 |
| 08/09/05 | 11:24:21 | 424 | 256,8496 | 84,82959 | 49,00562 | 45,46069 | 0,825031 | 0,662018 |
| 08/09/05 | 11:24:31 | 432 | 255,9268 | 82,98584 | 50,85498 | 45,46069 | 0,817535 | 0,654274 |
| 08/09/05 | 11:24:41 | 448 | 257,3105 | 98,19971 | 48,08081 | 45,46045 | 0,817486 | 0,64727 |
| 08/09/05 | 11:24:51 | 456 | 256,8496 | 100,9658 | 51,31738 | 46,37866 | 0,823357 | 0,630402 |
| 08/09/05 | 11:25:01 | 464 | 256,8496 | 97,73877 | 47,15625 | 45,91968 | 0,816254 | 0,618465 |
| 08/09/05 | 11:25:11 | 424 | 257,3105 | 98,66064 | 49,93018 | 46,37891 | 0,820988 | 0,605888 |
| 08/09/05 | 11:25:21 | 432 | 255,9268 | 98,19971 | 51,31738 | 46,83765 | 0,812603 | 0,596416 |
| 08/09/05 | 11:25:31 | 440 | 257,3105 | 95,43359 | 51,31738 | 49,13354 | 0,814281 | 0,589561 |
| 08/09/05 | 11:25:41 | 448 | 258,6934 | 93,12842 | 53,16675 | 48,67432 | 0,833714 | 0,576836 |
| 08/09/05 | 11:25:51 | 456 | 257,3105 | 92,66748 | 50,85498 | 50,05151 | 0,829521 | 0,568649 |
| 08/09/05 | 11:26:01 | 416 | 256,3887 | 91,74512 | 45,76929 | 42,70605 | 0,831543 | 0,554642 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 08/09/05 | 11:26:11 | 424 | 255,0049 | 89,43994 | 42,99512 | 39,95117 | 0,828438 | 0,542065 |
| 08/09/05 | 11:26:21 | 432 | 254,083 | 85,75195 | 39,75854 | 36,73779 | 0,844959 | 0,518784 |
| 08/09/05 | 11:26:31 | 448 | 252,2383 | 83,44678 | 38,83398 | 33,52393 | 0,843281 | 0,49511 |
| 08/09/05 | 11:26:41 | 456 | 250,3936 | 82,98584 | 36,52222 | 34,44214 | 0,839287 | 0,48041 |
| 08/09/05 | 11:26:51 | 464 | 249,0107 | 82,98584 | 36,52222 | 31,68762 | 0,835884 | 0,472025 |
| 08/09/05 | 11:27:01 | 424 | 250,3936 | 82,52441 | 38,83398 | 32,60571 | 0,846687 | 0,460384 |
| 08/09/05 | 11:27:11 | 432 | 250,8545 | 80,68066 | 36,52222 | 30,76953 | 0,838398 | 0,452543 |
| 08/09/05 | 11:27:21 | 440 | 246,7051 | 82,98584 | 34,67285 | 29,39209 | 0,834206 | 0,718643 |
| 08/09/05 | 11:27:31 | 448 | 246,2432 | 79,7583 | 34,21045 | 29,85132 | 0,84343 | 0,431629 |
| 08/09/05 | 11:27:41 | 456 | 245,7822 | 80,68066 | 33,28589 | 28,93311 | 0,841755 | 0,418362 |
| 08/09/05 | 11:27:51 | 416 | 245,3213 | 77,45313 | 34,67285 | 27,09656 | 0,85078 | 0,400162 |
| 08/09/05 | 11:28:01 | 424 | 242,0938 | 77,91406 | 32,82349 | 26,17834 | 0,840816 | 0,390394 |
| 08/09/05 | 11:28:11 | 432 | 242,0938 | 77,45313 | 31,8988 | 27,55579 | 0,848709 | 0,377472 |
| 08/09/05 | 11:28:21 | 448 | 238,8652 | 84,82959 | 33,28589 | 23,88281 | 0,855415 | 0,364649 |
| 08/09/05 | 11:28:31 | 456 | 237,0215 | 84,36865 | 32,36108 | 24,80103 | 0,857784 | 0,348568 |
| 08/09/05 | 11:28:41 | 464 | 235,6377 | 82,98584 | 31,8988 | 23,42383 | 0,862965 | 0,330023 |
| 08/09/05 | 11:28:51 | 424 | 232,4102 | 83,90771 | 31,8988 | 21,58728 | 0,84486 | 0,328691 |
| 08/09/05 | 11:29:01 | 432 | 230,1045 | 82,98584 | 30,97412 | 22,9646 | 0,841358 | 0,328445 |
| 08/09/05 | 11:29:11 | 440 | 230,1045 | 81,1416 | 28,66235 | 21,12805 | 0,839928 | 0,328197 |
| 08/09/05 | 11:29:21 | 448 | 227,7988 | 83,90771 | 29,12476 | 21,1283 | 0,837463 | 0,328098 |
| 08/09/05 | 11:29:31 | 456 | 227,7988 | 84,82959 | 30,04932 | 21,58728 | 0,835636 | 0,328001 |
| 08/09/05 | 11:29:41 | 416 | 225,4932 | 86,21289 | 29,12463 | 19,29187 | 0,835392 | 0,327803 |
| 08/09/05 | 11:29:51 | 424 | 227,3369 | 84,36865 | 30,04944 | 20,21008 | 0,832874 | 0,327803 |
| 08/09/05 | 11:30:01 | 432 | 225,9541 | 82,98584 | 27,73779 | 18,83276 | 0,831741 | 0,327753 |
| 08/09/05 | 11:30:11 | 448 | 224,1094 | 81,60254 | 30,51172 | 18,37378 | 0,849052 | 0,322229 |
| 08/09/05 | 11:30:21 | 456 | 225,4932 | 80,21924 | 28,66235 | 19,29187 | 0,858032 | 0,308222 |
| 08/09/05 | 11:30:31 | 464 | 223,1875 | 80,21924 | 29,12463 | 19,7511 | 0,850533 | 0,302353 |
| 08/09/05 | 11:30:41 | 424 | 222,7266 | 80,21924 | 27,27527 | 17,45557 | 0,845108 | 0,301958 |
| 08/09/05 | 11:30:51 | 432 | 140,6455 | 84,36865 | 4,158081 | -6,876831 | 0,066275 | 0,554295 |
| 08/09/05 | 11:31:01 | 440 | 95,45605 | 63,62231 | 6,007446 | -10,5498 | 0,001605 | 0,592621 |
| 08/09/05 | 11:31:11 | 448 | 96,37842 | 64,54443 | 6,93219 | -9,172302 | 0,00265 | 0,593361 |
| 08/09/05 | 11:31:21 | 456 | 96,37842 | 64,54443 | 6,93219 | -10,09058 | 0,000342 | 0,593853 |
| 09/09/05 | 11:12:01 | 456 | 207,9697 | 134,6211 | 13,40497 | 28,01477 | 0,668972 | 1,162949 |
| 09/09/05 | 11:12:11 | 464 | 206,126 | 128,6279 | 15,25433 | 27,09656 | 0,682438 | 1,157227 |
| 09/09/05 | 11:12:21 | 424 | 205,6641 | 123,0957 | 16,1792 | 25,71936 | 0,697433 | 1,152046 |
| 09/09/05 | 11:12:31 | 432 | 207,5088 | 121,2515 | 19,87769 | 28,93311 | 0,712574 | 1,146225 |
| 09/09/05 | 11:12:41 | 440 | 211,1982 | 120,3296 | 20,80249 | 30,3103 | 0,72747 | 1,140701 |
| 09/09/05 | 11:12:51 | 448 | 211,1982 | 117,1021 | 22,18945 | 31,22852 | 0,733093 | 1,138435 |
| 09/09/05 | 11:13:01 | 456 | 214,8867 | 115,7192 | 23,11426 | 31,68762 | 0,740295 | 1,134733 |
| 09/09/05 | 11:13:11 | 416 | 216,7314 | 115,7192 | 25,88831 | 32,60571 | 0,752773 | 1,129509 |
| 09/09/05 | 11:13:21 | 424 | 217,6543 | 126,7837 | 27,73779 | 33,0647 | 0,760864 | 1,122849 |
| 09/09/05 | 11:13:31 | 432 | 220,8818 | 110,1865 | 29,12463 | 35,36035 | 0,773441 | 1,116631 |
| 09/09/05 | 11:13:41 | 448 | 225,0322 | 110,1865 | 29,58716 | 35,3606 | 0,769691 | 1,116486 |
| 09/09/05 | 11:13:51 | 456 | 225,9541 | 108,8037 | 31,43652 | 38,11499 | 0,767078 | 1,116486 |
| 09/09/05 | 11:14:01 | 464 | 225,0322 | 108,8037 | 30,97412 | 37,65576 | 0,7654 | 1,116386 |
| 09/09/05 | 11:14:11 | 424 | 225,4932 | 105,1152 | 30,04932 | 37,65601 | 0,77132 | 1,114662 |
| 09/09/05 | 11:14:21 | 432 | 227,3369 | 104,1934 | 32,82349 | 39,03296 | 0,782909 | 1,110909 |
| 09/09/05 | 11:14:31 | 440 | 229,6426 | 97,73877 | 34,67285 | 38,11499 | 0,803185 | 1,102081 |
| 09/09/05 | 11:14:41 | 448 | 233,332 | 90,3623 | 34,67285 | 41,32886 | 0,814873 | 1,093796 |
| 09/09/05 | 11:14:51 | 456 | 235,6377 | 109,7256 | 37,44678 | 42,24707 | 0,813343 | 1,0895 |
| 09/09/05 | 11:15:01 | 416 | 237,0205 | 115,2578 | 40,68335 | 44,54248 | 0,813984 | 1,085754 |
| 09/09/05 | 11:15:11 | 424 | 237,9434 | 110,1865 | 38,37158 | 43,62427 | 0,819756 | 1,077026 |
| 09/09/05 | 11:15:21 | 432 | 244,3994 | 109,2646 | 40,68335 | 43,62427 | 0,823601 | 1,068489 |
| 09/09/05 | 11:15:31 | 448 | 242,5547 | 103,271 | 40,68335 | 42,70605 | 0,826069 | 1,058975 |
| 09/09/05 | 11:15:41 | 456 | 242,0938 | 98,66064 | 40,68335 | 44,54224 | 0,819313 | 1,058434 |
| 09/09/05 | 11:15:51 | 464 | 241,6318 | 100,5049 | 40,68335 | 43,16504 | 0,815956 | 1,058083 |
| 09/09/05 | 11:16:01 | 424 | 244,3994 | 98,66064 | 42,53271 | 44,54248 | 0,829178 | 1,053596 |
| 09/09/05 | 11:16:11 | 432 | 243,9375 | 95,89453 | 40,68335 | 43,62402 | 0,835686 | 1,041115 |
| 09/09/05 | 11:16:21 | 440 | 246,2432 | 90,82324 | 41,60815 | 43,62402 | 0,837364 | 1,031502 |
| 09/09/05 | 11:16:31 | 448 | 245,7822 | 90,82324 | 42,53271 | 42,70605 | 0,837414 | 1,02198 |
| 09/09/05 | 11:16:41 | 456 | 247,166 | 91,74512 | 42,07031 | 43,62427 | 0,835491 | 1,012802 |
| 09/09/05 | 11:16:51 | 416 | 247,166 | 91,74512 | 42,99512 | 43,16504 | 0,823898 | 1,003487 |
| 09/09/05 | 11:17:01 | 424 | 246,7051 | 92,66748 | 43,45752 | 44,54224 | 0,827152 | 0,994755 |
| 09/09/05 | 11:17:11 | 432 | 248,5488 | 90,82324 | 44,84448 | 44,54248 | 0,830803 | 0,986618 |
| 09/09/05 | 11:17:21 | 448 | 246,7051 | 89,90137 | 42,53271 | 44,0835 | 0,824097 | 0,979809 |
| 09/09/05 | 11:17:31 | 456 | 248,0879 | 90,82324 | 43,45752 | 43,62427 | 0,818668 | 0,973545 |
| 09/09/05 | 11:17:41 | 464 | 247,627 | 91,28418 | 44,84448 | 45,91968 | 0,820099 | 0,966988 |
| 09/09/05 | 11:17:51 | 424 | 248,5488 | 92,66748 | 45,30664 | 44,54248 | 0,828831 | 0,956528 |
| 09/09/05 | 11:18:01 | 432 | 249,4717 | 91,28418 | 44,84448 | 46,83765 | 0,825577 | 0,950859 |
| 09/09/05 | 11:18:11 | 440 | 249,4717 | 93,12842 | 45,76904 | 45,91968 | 0,822369 | 0,941978 |
| 09/09/05 | 11:18:21 | 448 | 251,7773 | 95,89453 | 44,84448 | 46,83765 | 0,813194 | 0,936703 |
| 09/09/05 | 11:18:31 | 456 | 249,9326 | 92,66748 | 46,23145 | 46,37866 | 0,819313 | 0,928318 |
| 09/09/05 | 11:18:41 | 416 | 252,6992 | 94,51123 | 46,69385 | 46,37866 | 0,823799 | 0,921165 |
| 09/09/05 | 11:18:51 | 424 | 250,3936 | 97,73877 | 43,91968 | 45,91968 | 0,818817 | 0,912285 |
| 09/09/05 | 11:19:01 | 432 | 250,3936 | 96,81641 | 44,38208 | 45,46045 | 0,818474 | 0,905628 |
| 09/09/05 | 11:19:11 | 448 | 250,3936 | 95,89453 | 44,84448 | 46,37866 | 0,825378 | 0,896503 |
| 09/09/05 | 11:19:21 | 456 | 250,3936 | 94,51123 | 44,38208 | 49,59253 | 0,822567 | 0,888313 |
| 09/09/05 | 11:19:31 | 464 | 251,7773 | 98,66064 | 46,23145 | 46,37866 | 0,822468 | 0,879436 |
| 09/09/05 | 11:19:41 | 424 | 253,1602 | 94,51123 | 44,84448 | 47,29688 | 0,835983 | 0,868191 |
| 09/09/05 | 11:19:51 | 432 | 252,6992 | 101,4268 | 44,38208 | 45,46045 | 0,825478 | 0,859905 |
| 09/09/05 | 11:20:01 | 440 | 251,7773 | 124,9395 | 44,84448 | 45,91943 | 0,820644 | 0,852951 |
| 09/09/05 | 11:20:11 | 448 | 254,083 | 100,5049 | 45,76904 | 46,83789 | 0,818768 | 0,8456 |
| 09/09/05 | 11:20:21 | 456 | 252,6992 | 86,21289 | 44,38208 | 48,67432 | 0,821037 | 0,832581 |
| 09/09/05 | 11:20:31 | 416 | 253,1602 | 86,67383 | 45,76904 | 46,83765 | 0,815266 | 0,82592 |
| 09/09/05 | 11:20:41 | 424 | 253,1602 | 83,90771 | 48,54321 | 47,29688 | 0,832035 | 0,814133 |
| 09/09/05 | 11:20:51 | 432 | 254,083 | 84,82959 | 46,23145 | 48,67432 | 0,819557 | 0,806629 |

Resultados Viga 26

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A' | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 19/09/05 | 10:07:42 | 496 | -2,305847 | 2,767944 | -0,464319 | 1,843376 | 0,003546 | 1,37326 |
| 19/09/05 | 10:07:52 | 392 | -2,305847 | 1,384041 | 0,919342 | 4,154663 | 0,00369 | 1,37326 |
| 19/09/05 | 10:08:02 | 400 | -2,305847 | 4,613159 | -1,847984 | 17,09778 | 0,069791 | 1,361374 |
| 19/09/05 | 10:08:07 | 408 | -7,381714 | 8,303589 | -1,386742 | 38,82397 | 0,10142 | 1,354424 |
| 19/09/05 | 10:08:12 | 416 | -8,766052 | 9,6875 | 3,225418 | 40,67285 | 0,119129 | 1,350182 |
| 19/09/05 | 10:08:22 | 424 | -11,07324 | 8,303589 | 6,915161 | 24,4939 | 0,137858 | 1,345642 |
| 19/09/05 | 10:08:32 | 432 | -11,07318 | 10,61011 | 8,298828 | 12,47534 | 0,156241 | 1,341347 |
| 19/09/05 | 10:08:42 | 384 | -13,38043 | 11,07147 | 13,37225 | 4,616943 | 0,170689 | 1,338394 |
| 19/09/05 | 10:08:53 | 384 | -12,45752 | 11,07141 | 14,75592 | 0,456543 | 0,18644 | 1,335136 |
| 19/09/05 | 10:09:03 | 400 | -12,91901 | 10,14886 | 16,60071 | 5,079224 | 0,199665 | 1,332031 |
| 19/09/05 | 10:09:13 | 408 | -12,45758 | 12,91669 | 18,44556 | 16,17334 | 0,211083 | 1,330002 |
| 19/09/05 | 10:09:23 | 416 | -11,99609 | 12,91669 | 23,98022 | 51,30493 | 0,226197 | 1,327148 |
| 19/09/05 | 10:09:33 | 424 | -9,227478 | 14,3006 | 26,74756 | 129,4258 | 0,238972 | 1,324188 |
| 19/09/05 | 10:09:43 | 440 | -7,381683 | 13,83929 | 28,13123 | 155,3125 | 0,250711 | 1,321571 |
| 19/09/05 | 10:09:53 | 392 | -9,227478 | 14,3006 | 31,35974 | 141,9072 | 0,277592 | 1,315704 |
| 19/09/05 | 10:10:03 | 400 | -3,690186 | 11,99402 | 39,20044 | 86,43652 | 0,288 | 1,312447 |
| 19/09/05 | 10:10:13 | 408 | 3,692902 | 14,7619 | 41,96777 | 68,4082 | 0,3062 | 1,307961 |
| 19/09/05 | 10:10:23 | 424 | 8,307312 | 16,60706 | 44,73511 | 66,55957 | 0,324894 | 1,303467 |
| 19/09/05 | 10:10:33 | 432 | 11,99878 | 21,6814 | 47,5022 | 62,39917 | 0,34329 | 1,298935 |
| 19/09/05 | 10:10:43 | 384 | 27,22644 | 30,44629 | 56,72656 | 62,86133 | 0,363909 | 1,293953 |
| 19/09/05 | 10:10:53 | 400 | 35,99365 | 41,97876 | 60,4165 | 64,24805 | 0,381813 | 1,289558 |
| 19/09/05 | 10:11:03 | 408 | 40,60815 | 49,82104 | 68,25684 | 68,87061 | 0,398237 | 1,285019 |
| 19/09/05 | 10:11:13 | 416 | 48,91406 | 57,2019 | 71,94678 | 73,95557 | 0,419397 | 1,279648 |
| 19/09/05 | 10:11:23 | 424 | 58,60449 | 67,35059 | 75,17529 | 71,64404 | 0,433208 | 1,276047 |
| 19/09/05 | 10:11:33 | 440 | 65,52588 | 78,42188 | 80,24854 | 68,4082 | 0,449682 | 1,271851 |
| 19/09/05 | 10:11:43 | 392 | 125,9751 | 105,6392 | 95,46875 | 73,95557 | 0,463345 | 1,266922 |
| 19/09/05 | 10:11:53 | 400 | 158,7373 | 144,8496 | 107,4604 | 67,02148 | 0,48337 | 1,261787 |
| 19/09/05 | 10:12:03 | 408 | 199,8057 | 180,832 | 117,6074 | 64,24805 | 0,503788 | 1,255775 |
| 19/09/05 | 10:12:13 | 424 | 226,5693 | 240,8018 | 130,5215 | 60,08789 | 0,521297 | 1,250694 |
| 19/09/05 | 10:12:23 | 432 | 257,4844 | 291,084 | 142,0518 | 59,62549 | 0,542164 | 1,245018 |
| 19/09/05 | 10:12:33 | 384 | 220,5703 | 557,7188 | 205,7002 | 42,52197 | 0,553654 | 1,239944 |
| 19/09/05 | 10:12:43 | 400 | 215,0332 | 679,9648 | 240,291 | 36,51245 | 0,571362 | 1,234413 |
| 19/09/05 | 10:12:53 | 408 | 214,1104 | 766,6875 | 271,1934 | 34,20142 | 0,588627 | 1,22934 |
| 19/09/05 | 10:13:03 | 416 | 209,957 | 874,1719 | 309,9355 | 28,19202 | 0,604259 | 1,223808 |
| 19/09/05 | 10:13:13 | 424 | 214,1104 | 947,5195 | 344,0645 | 26,34302 | 0,621819 | 1,218636 |
| 19/09/05 | 10:13:23 | 440 | 218,7246 | 1013,949 | 371,7383 | 20,7959 | 0,637947 | 1,213501 |
| 19/09/05 | 10:13:33 | 392 | 251,4873 | 1167,563 | 443,2266 | 16,17334 | 0,643867 | 1,207832 |
| 19/09/05 | 10:13:43 | 400 | 263,4844 | 1224,766 | 481,9688 | 16,63562 | 0,649689 | 1,20517 |
| 19/09/05 | 10:13:53 | 408 | 269,4824 | 1287,5 | 539,1602 | 15,71106 | 0,662266 | 1,200775 |
| 19/09/05 | 10:14:03 | 424 | 278,25 | 1365,461 | 595,8906 | 11,0885 | 0,685349 | 1,193626 |
| 19/09/05 | 10:14:13 | 432 | 287,0176 | 1442,039 | 656,3086 | 7,390381 | 0,700146 | 1,187706 |
| 19/09/05 | 10:14:23 | 384 | 296,2461 | 1494,625 | 700,5859 | 7,852783 | 0,710308 | 1,183662 |
| 19/09/05 | 10:14:33 | 400 | 304,5527 | 1548,602 | 747,6289 | 4,616943 | 0,720123 | 1,179466 |
| 19/09/05 | 10:14:43 | 408 | 305,9375 | -55,81787 | 232,4512 | 3,692383 | 0,314339 | 1,146179 |
| 19/09/05 | 10:14:53 | 416 | 294,4004 | -53,51123 | 218,6143 | 4,154663 | 0,321785 | 1,142082 |
| 19/09/05 | 10:15:03 | 424 | 294,8613 | -54,89526 | 217,6914 | 4,154663 | 0,322033 | 1,137741 |
| 19/09/05 | 10:15:13 | 440 | 293,0156 | -53,51123 | 219,998 | 3,230209 | 0,319073 | 1,137444 |
| 19/09/05 | 10:15:23 | 392 | 293,9395 | -52,58862 | 217,6914 | 1,38121 | 0,317495 | 1,137253 |
| 19/09/05 | 10:15:33 | 400 | 293,0156 | -53,51123 | 216,7695 | 3,230209 | 0,317247 | 1,137199 |
| 19/09/05 | 10:15:43 | 408 | 293,4785 | -52,58862 | 218,1533 | 3,230103 | 0,316853 | 1,137199 |
| 19/09/05 | 10:15:53 | 424 | 293,9395 | -53,05005 | 217,2305 | 4,154663 | 0,315916 | 1,1371 |
| 19/09/05 | 10:16:03 | 432 | 294,4004 | -52,12744 | 215,3857 | 2,767929 | 0,315769 | 1,137001 |
| 19/09/05 | 10:16:13 | 384 | 292,5547 | -53,51123 | 215,8467 | 4,154663 | 0,315325 | 1,1371 |
| 19/09/05 | 10:16:23 | 400 | 293,9395 | -53,05005 | 214,9248 | 2,767822 | 0,315126 | 1,137001 |
| 19/09/05 | 10:16:33 | 408 | 144,8936 | -36,44287 | 172,4922 | 2,767929 | 0,003352 | 1,274467 |
| 19/09/05 | 10:16:43 | 416 | 141,2021 | -32,75244 | 178,0273 | 6,003662 | 0,00357 | 1,275604 |

Resultados Viga 30

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Fibra 2A | Estribo 2 | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 07/10/05 | 10:28:45 | 504 | -0,00011 | -2,308197 | -38,7854 | 1,383041 | -4,154724 | -0,002464 | 1,387421 |
| 07/10/05 | 10:28:55 | 504 | 1,384918 | -0,92416 | -44,7876 | 3,226776 | -1,385597 | -0,002413 | 1,387321 |
| 07/10/05 | 10:29:05 | 464 | 1,84655 | 0,459879 | -53,5603 | 4,60965 | -1,847122 | -0,002385 | 1,387321 |
| 07/10/05 | 10:29:10 | 464 | 2,308228 | 2,305252 | -56,33057 | 1,383041 | -1,847122 | 0,000889 | 1,386826 |
| 07/10/05 | 10:29:15 | 472 | 0,923233 | 2,305252 | -58,17725 | 1,844002 | 3,691177 | 0,014855 | 1,38382 |
| 07/10/05 | 10:29:25 | 480 | -12,46509 | -0,462795 | -53,5603 | 0,00022 | 36,9209 | 0,070426 | 1,371094 |
| 07/10/05 | 10:29:35 | 496 | -24,93005 | -0,462795 | -58,63916 | -5,991974 | 77,99658 | 0,115818 | 1,359009 |
| 07/10/05 | 10:29:45 | 504 | -30,93164 | 1,843918 | -78,03076 | -1,843506 | 94,1499 | 0,131266 | 1,354324 |
| 07/10/05 | 10:29:55 | 512 | -31,39331 | 0,921215 | -52,17505 | -5,531067 | 98,76514 | 0,137918 | 1,352592 |
| 07/10/05 | 10:30:05 | 472 | -36,47168 | 2,305252 | -29,0896 | -3,226334 | 117,2266 | 0,156574 | 1,34771 |
| 07/10/05 | 10:30:15 | 480 | -25,39172 | -0,92416 | -0,925171 | -3,226379 | 141,6875 | 0,182239 | 1,340904 |
| 07/10/05 | 10:30:25 | 488 | -11,54175 | -0,462795 | 85,87646 | -1,843506 | 142,6104 | 0,2066 | 1,334541 |
| 07/10/05 | 10:30:35 | 496 | 1,384895 | -1,846832 | 141,2813 | 2,765869 | 146,7637 | 0,226099 | 1,328773 |
| 07/10/05 | 10:30:45 | 504 | 18,92822 | -0,462824 | 164,3672 | 6,453369 | 132,918 | 0,247406 | 1,322952 |
| 07/10/05 | 10:30:55 | 464 | 33,23975 | -0,001459 | 174,0635 | 19,82056 | 123,2261 | 0,268368 | 1,317375 |
| 07/10/05 | 10:31:05 | 472 | 51,70654 | 10,14807 | 222,543 | 38,71899 | 133,3799 | 0,294954 | 1,31057 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 07/10/05 | 10:31:15 | 480 | 224,3691 | 134,7109 | 382,7559 | 90,80518 | -134,3047 | 0,311428 | 1,303268 |
| 07/10/05 | 10:31:25 | 496 | 263,6113 | 179,4609 | 441,8555 | 106,938 | -185,0723 | 0,34186 | 1,294983 |
| 07/10/05 | 10:31:35 | 504 | 301,0059 | 208,5254 | 495,4141 | 119,8442 | -212,3027 | 0,369728 | 1,287979 |
| 07/10/05 | 10:31:45 | 512 | 355,0195 | 248,2012 | 507,418 | 130,9063 | -241,3789 | 0,400604 | 1,279251 |
| 07/10/05 | 10:31:55 | 472 | 417,8066 | 285,1094 | 590,9883 | 142,8906 | -264,916 | 0,42433 | 1,271851 |
| 07/10/05 | 10:32:05 | 480 | 476,9004 | 325,707 | 669,4766 | 154,875 | -285,6855 | 0,456785 | 1,262878 |
| 07/10/05 | 10:32:15 | 488 | 535,5313 | 361,6914 | 810,7617 | 165,0156 | -305,0684 | 0,485836 | 1,254395 |
| 07/10/05 | 10:32:25 | 496 | 593,6992 | 395,832 | 880,4805 | 184,376 | -324,4531 | 0,513111 | 1,246498 |
| 07/10/05 | 10:32:35 | 504 | 688,3438 | 436,8906 | 923,4219 | 204,1963 | -340,1445 | 0,532398 | 1,239006 |
| 07/10/05 | 10:32:45 | 464 | 746,9727 | 466,8789 | 1037,922 | 234,1572 | -350,2988 | 0,561447 | 1,229828 |
| 07/10/05 | 10:32:55 | 472 | 796,3711 | 492,7129 | 1430,375 | 293,1563 | -359,5293 | 0,586506 | 1,220505 |
| 07/10/05 | 10:33:05 | 480 | 811,6055 | 334,9336 | 3783,25 | 95,87549 | -436,6035 | 0,511879 | 1,209755 |
| 07/10/05 | 10:33:15 | 496 | 837,9219 | 322,0156 | 4339,156 | 88,03955 | -490,1406 | 0,522285 | 1,204376 |
| 07/10/05 | 10:33:25 | 504 | 954,7227 | 306,791 | 5394,625 | 82,04736 | -522,4453 | 0,534813 | 1,194809 |
| 07/10/05 | 10:33:35 | 456 | 1103,375 | 296,1816 | 6215,563 | 77,89893 | -530,293 | 0,544579 | 1,184944 |
| 07/10/05 | 10:33:45 | 472 | 1338,828 | 288,3379 | 6991,219 | 70,06299 | -558,9063 | 0,549118 | 1,172813 |
| 07/10/05 | 10:33:55 | 480 | 1859,586 | -61,36011 | 7026,781 | 37,33618 | -523,832 | 0,45348 | 1,15377 |
| 07/10/05 | 10:34:05 | 488 | 3101,922 | -403,2148 | 3353,859 | 47,47681 | -414,9121 | 0,302698 | 1,129257 |
| 07/10/05 | 10:34:15 | 496 | 3150,406 | -397,6797 | 3333,094 | 43,32837 | -431,5273 | 0,298407 | 1,12867 |
| 07/10/05 | 10:34:25 | 560 | 3154,563 | -396,2949 | 3219,969 | 42,86743 | -430,6035 | 0,297125 | 1,128517 |
| 07/10/05 | 10:34:35 | 464 | 3157,797 | -397,2188 | 3257,375 | 42,40649 | -428,7578 | 0,296286 | 1,128372 |
| 07/10/05 | 10:34:45 | 472 | 3160,094 | -395,834 | 3177,953 | 44,71118 | -424,1426 | 0,295744 | 1,128418 |
| 07/10/05 | 10:34:55 | 480 | 3161,938 | -397,2188 | 3151,172 | 47,47681 | -423,2207 | 0,295446 | 1,128273 |
| 07/10/05 | 10:35:05 | 496 | 3169,328 | -393,5273 | 3010,813 | 47,47681 | -422,7578 | 0,295891 | 1,128273 |
| 07/10/05 | 10:35:15 | 504 | 3168,406 | -394,9121 | 3050,063 | 46,55493 | -418,6035 | 0,295546 | 1,128273 |
| 07/10/05 | 10:35:25 | 512 | 3167,953 | -393,5273 | 2962,328 | 47,47681 | -417,2207 | 0,295101 | 1,128273 |
| 07/10/05 | 10:35:35 | 472 | 3170,25 | -393,0664 | 2798,422 | 44,71118 | -412,6055 | 0,295151 | 1,128273 |
| 07/10/05 | 10:35:45 | 480 | 3171,641 | -393,0664 | 2765,188 | 47,01587 | -413,9902 | 0,29446 | 1,128174 |
| 07/10/05 | 10:35:55 | 488 | 3171,172 | -393,0664 | 2675,156 | 46,55493 | -413,5273 | 0,294214 | 1,128128 |
| 07/10/05 | 10:36:05 | 496 | 3172,094 | -393,0664 | 2569,875 | 44,71118 | -412,1426 | 0,293819 | 1,128174 |
| 07/10/05 | 10:36:15 | 504 | 3174,406 | -391,6816 | 2547,25 | 47,01587 | -408,9121 | 0,293179 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:36:25 | 464 | 3170,25 | -394,4492 | 2454,453 | 47,93774 | -405,2207 | 0,293278 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:36:35 | 472 | 3173,953 | -393,5273 | 2408,281 | 43,78931 | -407,5273 | 0,293278 | 1,128174 |
| 07/10/05 | 10:36:45 | 480 | 3174,406 | -393,9883 | 2338,094 | 44,71118 | -406,6055 | 0,29303 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:36:55 | 496 | 3175,328 | -393,9883 | 2203,734 | 43,32837 | -405,6816 | 0,292784 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:37:05 | 504 | 3175,328 | -391,6816 | 2278,531 | 44,25024 | -403,8359 | 0,292143 | 1,128128 |
| 07/10/05 | 10:37:15 | 512 | 3174,406 | -391,2207 | 2427,672 | 44,71118 | -402,4512 | 0,293079 | 1,128128 |
| 07/10/05 | 10:37:25 | 472 | 3175,797 | -393,0664 | 2316,859 | 43,32837 | -401,9902 | 0,292833 | 1,128075 |
| 07/10/05 | 10:37:35 | 480 | 3177,641 | -393,0664 | 2326,094 | 43,32837 | -400,1426 | 0,291452 | 1,128174 |
| 07/10/05 | 10:37:45 | 488 | 3176,719 | -394,9121 | 2267,453 | 42,40649 | -399,6816 | 0,291353 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:37:55 | 496 | 3178,109 | -393,0664 | 1986,742 | 44,71118 | -396,9121 | 0,291698 | 1,128174 |
| 07/10/05 | 10:38:05 | 504 | 3178,109 | -391,6816 | 1974,273 | 44,71118 | -398,2969 | 0,291649 | 1,12822 |
| 07/10/05 | 10:38:15 | 464 | 1130,156 | -312,793 | 1654,766 | 17,51587 | -130,6123 | -0,001826 | 1,281868 |

Resultados Viga 35

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 20/10/05 | 09:31:18 | 496 | 3,226852 | 1,383713 | 4,155029 | 0,011322 | 1,0242 |
| 20/10/05 | 09:31:29 | 440 | 1,844162 | 1,844093 | 5,078979 | 0,016716 | 1,023407 |
| 20/10/05 | 09:31:39 | 392 | -1,382088 | -1,378441 | 26,79211 | 0,082143 | 1,009552 |
| 20/10/05 | 09:31:44 | 400 | -4,608337 | 0,002636 | 40,18945 | 0,093092 | 1,006538 |
| 20/10/05 | 09:31:49 | 400 | -2,303925 | 1,383766 | 47,5813 | 0,10017 | 1,005608 |
| 20/10/05 | 09:31:59 | 408 | -2,764786 | 3,225113 | 83,61572 | 0,110704 | 1,002396 |
| 20/10/05 | 09:32:09 | 424 | -3,225708 | 4,606232 | 137,667 | 0,126118 | 0,998058 |
| 20/10/05 | 09:32:22 | 400 | 11,06207 | 9,670166 | 179,707 | 0,14517 | 0,993176 |
| 20/10/05 | 09:32:32 | 416 | 18,4364 | 26,70337 | 179,2451 | 0,158596 | 0,989529 |
| 20/10/05 | 09:32:42 | 424 | 27,19348 | 55,70581 | 163,5381 | 0,171924 | 0,986073 |
| 20/10/05 | 09:32:52 | 432 | 35,95044 | 74,58057 | 148,7549 | 0,182478 | 0,983017 |
| 20/10/05 | 09:33:02 | 384 | 41,4812 | 91,15332 | 139,0527 | 0,194009 | 0,979664 |
| 20/10/05 | 09:33:12 | 400 | 53,00366 | 120,6162 | 130,7373 | 0,220722 | 0,973446 |
| 20/10/05 | 09:33:22 | 408 | 58,07349 | 130,7441 | 125,6558 | 0,23034 | 0,970783 |
| 20/10/05 | 09:33:32 | 416 | 63,60425 | 156,0635 | 117,3403 | 0,250463 | 0,964718 |
| 20/10/05 | 09:33:42 | 424 | 72,36133 | 191,5107 | 112,2583 | 0,268517 | 0,960228 |
| 20/10/05 | 09:33:52 | 440 | 57,15186 | 219,1328 | 111,3345 | 0,288246 | 0,955051 |
| 20/10/05 | 09:34:02 | 392 | 61,2998 | 250,8975 | 107,1768 | 0,30477 | 0,949871 |
| 20/10/05 | 09:34:12 | 400 | 65,90869 | 270,6914 | 107,1768 | 0,314486 | 0,947502 |
| 20/10/05 | 09:34:22 | 416 | 70,97852 | 290,0273 | 110,8726 | 0,334511 | 0,942078 |
| 20/10/05 | 09:34:32 | 424 | 79,2749 | 322,7129 | 110,4106 | 0,348568 | 0,938278 |
| 20/10/05 | 09:34:42 | 432 | 90,79736 | 370,1289 | 113,6445 | 0,374315 | 0,932014 |
| 20/10/05 | 09:34:52 | 384 | 96,32813 | 416,625 | 116,416 | 0,391184 | 0,926392 |
| 20/10/05 | 09:35:02 | 400 | 109,2329 | 457,1367 | 119,188 | 0,40613 | 0,921856 |
| 20/10/05 | 09:35:12 | 408 | 116,1465 | 487,9805 | 121,96 | 0,418213 | 0,917614 |
| 20/10/05 | 09:35:22 | 416 | 127,6689 | 528,9531 | 127,042 | 0,435181 | 0,913124 |
| 20/10/05 | 09:35:32 | 424 | 142,8779 | 562,0977 | 131,1992 | 0,445145 | 0,909328 |
| 20/10/05 | 09:35:42 | 440 | 160,3926 | 586,0352 | 135,3574 | 0,453381 | 0,906567 |
| 20/10/05 | 09:35:52 | 392 | 175,6025 | 609,9766 | 137,667 | 0,464085 | 0,9039 |
| 20/10/05 | 09:36:02 | 400 | 185,7422 | 666,1367 | 145,0586 | 0,481249 | 0,898624 |
| 20/10/05 | 09:36:12 | 416 | 194,499 | 703,4258 | 145,0586 | 0,492594 | 0,894726 |
| 20/10/05 | 09:36:22 | 424 | 275,6172 | 738,875 | 154,2988 | 0,499399 | 0,891373 |
| 20/10/05 | 09:36:32 | 432 | 259,4844 | 773,4023 | 157,9941 | 0,502949 | 0,870804 |
| 20/10/05 | 09:36:42 | 384 | 252,5723 | 787,2109 | 163,0762 | 0,512962 | 0,858177 |
| 20/10/05 | 09:36:52 | 400 | 251,6504 | 809,3086 | 164,9238 | 0,532349 | 0,855465 |
| 20/10/05 | 09:37:02 | 408 | 248,4238 | 822,1992 | 167,6963 | 0,54443 | 0,854233 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 20/10/05 | 09:37:12 | 416 | 249,3457 | 822,6602 | 170,4678 | 0,552422 | 0,852554 |
| 20/10/05 | 09:37:22 | 424 | 248,8848 | 813,4531 | 170,0059 | 0,555626 | 0,851913 |
| 20/10/05 | 09:37:32 | 440 | 248,8848 | 805,625 | 168,6201 | 0,555431 | 0,850189 |
| 20/10/05 | 09:37:42 | 392 | 247,9629 | 801,0234 | 167,6963 | 0,560116 | 0,848213 |
| 20/10/05 | 09:37:52 | 400 | 248,8848 | 802,4063 | 168,6201 | 0,565197 | 0,849499 |
| 20/10/05 | 09:38:02 | 416 | 248,8848 | 797,8008 | 169,082 | 0,568207 | 0,847919 |
| 20/10/05 | 09:38:12 | 424 | 252,1113 | 789,0547 | 166,3105 | 0,574615 | 0,844021 |
| 20/10/05 | 09:38:22 | 432 | 253,4941 | 782,1484 | 164 | 0,580585 | 0,847622 |
| 20/10/05 | 09:38:32 | 384 | 253,4941 | 781,2266 | 164,9238 | 0,582806 | 0,844959 |
| 20/10/05 | 09:38:42 | 400 | 255,7979 | 774,3242 | 164,4619 | 0,583496 | 0,840965 |
| 20/10/05 | 09:38:52 | 408 | 254,416 | 769,2578 | 162,1523 | 0,578022 | 0,840076 |
| 20/10/05 | 09:39:02 | 416 | 256,2578 | 767,418 | 163,0762 | 0,583054 | 0,836823 |
| 20/10/05 | 09:39:12 | 424 | 255,7979 | 765,1172 | 164,9238 | 0,583645 | 0,833912 |
| 20/10/05 | 09:39:22 | 440 | 258,1016 | 765,5742 | 165,3857 | 0,586159 | 0,82819 |
| 20/10/05 | 09:39:32 | 392 | 258,1016 | 764,1953 | 164 | 0,58976 | 0,822765 |
| 20/10/05 | 09:39:42 | 400 | 260,4063 | 767,418 | 165,8477 | 0,590698 | 0,818275 |
| 20/10/05 | 09:39:52 | 416 | 258,5625 | 763,7344 | 167,6963 | 0,59198 | 0,811371 |
| 20/10/05 | 09:40:02 | 424 | 259,0234 | 766,0352 | 165,3857 | 0,58754 | 0,800125 |
| 20/10/05 | 09:40:12 | 432 | 258,5625 | 763,2734 | 166,7725 | 0,594002 | 0,798843 |
| 20/10/05 | 09:40:22 | 384 | 259,9453 | 761,4336 | 164,4619 | 0,82671 | 1,14785 |
| 20/10/05 | 09:40:32 | 400 | 259,9453 | 759,5898 | 165,8477 | 0,827843 | 1,147804 |
| 20/10/05 | 09:40:42 | 408 | 260,8672 | 760,0508 | 163,5381 | 0,825527 | 1,147758 |
| 20/10/05 | 09:40:52 | 416 | 259,4844 | 758,6719 | 163,5381 | 0,825031 | 1,147705 |
| 20/10/05 | 09:41:02 | 424 | 260,4063 | 760,5117 | 162,6143 | 0,821529 | 1,147659 |
| 20/10/05 | 09:41:12 | 440 | 258,1016 | 756,3672 | 163,0762 | 0,821087 | 1,147659 |
| 20/10/05 | 09:41:22 | 392 | 259,4844 | 756,8281 | 163,0762 | 0,820744 | 1,14756 |
| 20/10/05 | 09:41:32 | 400 | 259,4844 | 757,2891 | 166,7725 | 0,844269 | 1,139221 |
| 20/10/05 | 09:41:42 | 416 | 259,9453 | 754,5273 | 165,8477 | 0,844666 | 1,129997 |
| 20/10/05 | 09:41:52 | 424 | 262,25 | 749,9219 | 166,3105 | 0,845058 | 1,12265 |
| 20/10/05 | 09:42:02 | 432 | 261,7891 | 751,3047 | 164,9238 | 0,854034 | 1,113869 |
| 20/10/05 | 09:42:12 | 384 | 265,4766 | 752,2266 | 167,6963 | 0,858227 | 1,105385 |
| 20/10/05 | 09:42:22 | 400 | 265,4766 | 749,9219 | 166,3105 | 0,854824 | 1,099861 |
| 20/10/05 | 09:42:32 | 408 | 268,2422 | 750,3828 | 167,2344 | 0,84935 | 1,086838 |
| 20/10/05 | 09:42:42 | 416 | 267,3203 | 746,6992 | 164,9238 | 0,842495 | 1,078751 |
| 20/10/05 | 09:42:52 | 424 | 266,3984 | 747,1602 | 164,4619 | 0,843578 | 1,066917 |
| 20/10/05 | 09:43:02 | 440 | 268,2422 | 747,6211 | 163,5381 | 0,843578 | 1,0569 |
| 20/10/05 | 09:43:12 | 392 | 265,9375 | 743,9375 | 160,3047 | 0,831493 | 1,045708 |
| 20/10/05 | 09:43:22 | 400 | 269,1641 | 744,3984 | 163,5381 | 0,837067 | 1,034409 |
| 20/10/05 | 09:43:32 | 416 | 268,2422 | 744,3984 | 159,8428 | 0,829079 | 1,026421 |
| 20/10/05 | 09:43:42 | 424 | 270,0859 | 743,0195 | 158,918 | 0,82972 | 1,013641 |
| 20/10/05 | 09:43:52 | 432 | 268,2422 | 742,0977 | 160,7666 | 0,833271 | 1,001312 |
| 20/10/05 | 09:44:02 | 384 | 269,1641 | 744,3984 | 161,6904 | 0,838745 | 0,98864 |
| 20/10/05 | 09:44:12 | 400 | 271,0078 | 743,0195 | 161,2285 | 0,840618 | 0,971325 |
| 20/10/05 | 09:44:22 | 408 | 275,6172 | 741,6367 | 162,1523 | 0,841606 | 0,951202 |
| 20/10/05 | 09:44:32 | 416 | 275,6172 | 742,5586 | 161,6904 | 0,841064 | 0,931324 |
| 20/10/05 | 09:44:42 | 424 | 278,8418 | 743,9375 | 162,1523 | 0,846737 | 0,911793 |
| 20/10/05 | 09:44:52 | 440 | 272,3906 | 744,3984 | 162,1523 | 0,854576 | 0,890682 |
| 20/10/05 | 09:45:02 | 392 | 272,8516 | 745,3203 | 161,2285 | 0,853836 | 0,870411 |
| 20/10/05 | 09:45:12 | 400 | 273,7734 | 738,875 | 159,8428 | 0,856106 | 0,850334 |
| 20/10/05 | 09:45:22 | 416 | 274,6953 | 740,2578 | 160,3047 | 0,854431 | 0,830261 |
| 20/10/05 | 09:45:32 | 424 | 272,3906 | 742,0977 | 161,6904 | 0,859116 | 0,811863 |
| 20/10/05 | 09:45:42 | 432 | 273,7734 | 743,9375 | 161,2285 | 0,859016 | 0,791199 |
| 20/10/05 | 09:45:52 | 384 | 273,3125 | 740,2578 | 162,6143 | 0,856106 | 0,774426 |
| 20/10/05 | 09:46:02 | 400 | 282,5293 | 738,4141 | 158,918 | 0,845009 | 0,756622 |
| 20/10/05 | 09:46:12 | 408 | 277,9199 | 742,5586 | 159,3799 | 0,848362 | 0,742367 |
| 20/10/05 | 09:46:22 | 416 | 277,9219 | 737,0352 | 159,3799 | 0,845108 | 0,736202 |
| 20/10/05 | 09:46:32 | 424 | 285,7559 | 726,9063 | 157,9941 | 0,857094 | 0,718002 |
| 20/10/05 | 09:46:42 | 440 | 288,5215 | 723,2227 | 160,3047 | 0,87051 | 0,696201 |
| 20/10/05 | 09:46:52 | 392 | 289,9043 | 721,3828 | 157,0703 | 0,866661 | 0,66853 |
| 20/10/05 | 09:47:02 | 400 | 295,4355 | 709,8711 | 154,7607 | 0,866711 | 0,639378 |
| 20/10/05 | 09:47:12 | 416 | 296,8184 | 692,8398 | 154,2988 | 0,863159 | 0,615654 |
| 20/10/05 | 09:47:22 | 424 | 297,2793 | 676,2656 | 152,4502 | 0,863457 | 0,589367 |
| 20/10/05 | 09:47:32 | 432 | 297,2793 | 651,4063 | 151,5264 | 0,872532 | 0,559032 |
| 20/10/05 | 09:47:42 | 384 | 301,8867 | 633,4531 | 146,4453 | 0,866959 | 0,531261 |
| 20/10/05 | 09:47:52 | 400 | 304,6523 | 621,0234 | 141,8252 | 0,870708 | 0,501373 |
| 20/10/05 | 09:48:02 | 408 | 306,957 | 614,1172 | 139,5156 | 0,879486 | 0,472914 |
| 20/10/05 | 09:48:12 | 416 | 312,9492 | 598,4648 | 135,3574 | 0,870659 | 0,445194 |
| 20/10/05 | 09:48:22 | 424 | 311,5664 | 590,1797 | 135,3574 | 0,885799 | 0,418066 |
| 20/10/05 | 09:48:32 | 440 | 311,1055 | 566,6992 | 132,123 | 0,883827 | 0,388323 |
| 20/10/05 | 09:48:42 | 392 | 306,0352 | 541,8438 | 125,1938 | 0,891174 | 0,359173 |
| 20/10/05 | 09:48:52 | 400 | 306,4961 | 540 | 121,498 | 0,886391 | 0,344671 |
| 20/10/05 | 09:49:02 | 416 | 305,1133 | 539,0781 | 119,6504 | 0,886341 | 0,324696 |
| 20/10/05 | 09:49:12 | 424 | 309,7227 | 540,9219 | 119,188 | 0,898132 | 0,299936 |
| 20/10/05 | 09:49:22 | 432 | 312,4883 | 536,7773 | 118,7261 | 0,893986 | 0,274139 |
| 20/10/05 | 09:49:32 | 384 | 311,5664 | 544,6055 | 113,1826 | 0,890434 | 0,243559 |
| 20/10/05 | 09:49:42 | 400 | 312,0273 | 543,6836 | 113,1826 | 0,90168 | 0,213571 |
| 20/10/05 | 09:49:52 | 408 | 311,5664 | 544,6055 | 108,5625 | 0,88131 | 0,199465 |
| 20/10/05 | 09:50:02 | 416 | 313,8711 | 543,6836 | 109,0244 | 0,873764 | 0,198933 |
| 20/10/05 | 09:50:12 | 424 | 310,1836 | 543,6836 | 107,6387 | 0,870461 | 0,198698 |
| 20/10/05 | 09:50:22 | 440 | 313,8711 | 545,5234 | 106,7148 | 0,866268 | 0,198595 |
| 20/10/05 | 09:50:32 | 392 | 312,0273 | 544,1445 | 106,7148 | 0,863556 | 0,198507 |
| 20/10/05 | 09:50:42 | 400 | 312,4883 | 548,2852 | 104,4048 | 0,86306 | 0,198454 |
| 20/10/05 | 09:50:52 | 416 | 312,4883 | 546,9063 | 105,3286 | 0,862419 | 0,19841 |
| 20/10/05 | 09:51:02 | 424 | 313,8711 | 545,0625 | 106,2529 | 0,860744 | 0,198371 |
| 20/10/05 | 09:51:12 | 432 | 312,9492 | 545,5234 | 106,2529 | 0,860249 | 0,198346 |
| 20/10/05 | 09:51:22 | 384 | 152,0967 | 156,9844 | 36,49365 | 0,00673 | 0,499598 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 20/10/05 | 09:51:32 | 400 | 148,8701 | 155,6035 | 37,41748 | 0,00726 | 0,500683 |
| 20/10/05 | 09:51:42 | 408 | 148,8701 | 155,1426 | 36,95557 | 0,00674 | 0,501225 |
| 21/10/05 | 09:32:22 | 400 | 11,06207 | 9,670166 | 179,707 | 0,14517 | 0,993176 |
| 21/10/05 | 09:32:32 | 416 | 18,4364 | 26,70337 | 179,2451 | 0,158596 | 0,989529 |
| 21/10/05 | 09:32:42 | 424 | 27,19348 | 55,70581 | 163,5381 | 0,171924 | 0,986073 |
| 21/10/05 | 09:32:52 | 432 | 35,95044 | 74,58057 | 148,7549 | 0,182478 | 0,983017 |
| 21/10/05 | 09:33:02 | 384 | 41,4812 | 91,15332 | 139,0527 | 0,194009 | 0,979664 |
| 21/10/05 | 09:33:12 | 400 | 53,00366 | 120,6162 | 130,7373 | 0,220722 | 0,973446 |
| 21/10/05 | 09:33:22 | 408 | 58,07349 | 130,7441 | 125,6558 | 0,23034 | 0,970783 |
| 21/10/05 | 09:33:32 | 416 | 63,60425 | 156,0635 | 117,3403 | 0,250463 | 0,964718 |
| 21/10/05 | 09:33:42 | 424 | 72,36133 | 191,5107 | 112,2583 | 0,268517 | 0,960228 |
| 21/10/05 | 09:33:52 | 440 | 57,15186 | 219,1328 | 111,3345 | 0,288246 | 0,955051 |
| 21/10/05 | 09:34:02 | 392 | 61,2998 | 250,8975 | 107,1768 | 0,30477 | 0,949871 |
| 21/10/05 | 09:34:12 | 400 | 65,90869 | 270,6914 | 107,1768 | 0,314486 | 0,947502 |
| 21/10/05 | 09:34:22 | 416 | 70,97852 | 290,0273 | 110,8726 | 0,334511 | 0,942078 |
| 21/10/05 | 09:34:32 | 424 | 79,2749 | 322,7129 | 110,4106 | 0,348568 | 0,938278 |
| 21/10/05 | 09:34:42 | 432 | 90,79736 | 370,1289 | 113,6445 | 0,374315 | 0,932014 |
| 21/10/05 | 09:34:52 | 384 | 96,32813 | 416,625 | 116,416 | 0,391184 | 0,926392 |
| 21/10/05 | 09:35:02 | 400 | 109,2329 | 457,1367 | 119,188 | 0,40613 | 0,921856 |
| 21/10/05 | 09:35:12 | 408 | 116,1465 | 487,9805 | 121,96 | 0,418213 | 0,917614 |
| 21/10/05 | 09:35:22 | 416 | 127,6689 | 528,9531 | 127,042 | 0,435181 | 0,913124 |
| 21/10/05 | 09:35:32 | 424 | 142,8779 | 562,0977 | 131,1992 | 0,445145 | 0,909328 |
| 21/10/05 | 09:35:42 | 440 | 160,3926 | 586,0352 | 135,3574 | 0,453381 | 0,906567 |
| 21/10/05 | 09:35:52 | 392 | 175,6025 | 609,9766 | 137,667 | 0,464085 | 0,9039 |
| 21/10/05 | 09:36:02 | 400 | 185,7422 | 666,1367 | 145,0586 | 0,481249 | 0,898624 |
| 21/10/05 | 09:36:12 | 416 | 194,499 | 703,4258 | 145,0586 | 0,492594 | 0,894726 |
| 21/10/05 | 09:36:22 | 424 | 275,6172 | 738,875 | 154,2988 | 0,499399 | 0,891373 |
| 21/10/05 | 09:36:32 | 432 | 259,4844 | 773,4023 | 157,9941 | 0,502949 | 0,870804 |
| 21/10/05 | 09:36:42 | 384 | 252,5723 | 787,2109 | 163,0762 | 0,512962 | 0,858177 |
| 21/10/05 | 09:36:52 | 400 | 251,6504 | 809,3086 | 164,9238 | 0,532349 | 0,855465 |
| 21/10/05 | 09:37:02 | 408 | 248,4238 | 822,1992 | 167,6963 | 0,54443 | 0,854233 |
| 21/10/05 | 09:37:12 | 416 | 249,3457 | 822,6602 | 170,4678 | 0,552422 | 0,852554 |
| 21/10/05 | 09:37:22 | 424 | 248,8848 | 813,4531 | 170,0059 | 0,555626 | 0,851913 |
| 21/10/05 | 09:37:32 | 440 | 248,8848 | 805,625 | 168,6201 | 0,555431 | 0,850189 |
| 21/10/05 | 09:37:42 | 392 | 247,9629 | 801,0234 | 167,6963 | 0,560116 | 0,848213 |
| 21/10/05 | 09:37:52 | 400 | 248,8848 | 802,4063 | 168,6201 | 0,565197 | 0,849499 |
| 21/10/05 | 09:38:02 | 416 | 248,8848 | 797,8008 | 169,082 | 0,568207 | 0,847919 |
| 21/10/05 | 09:38:12 | 424 | 252,1113 | 789,0547 | 166,3105 | 0,574615 | 0,844021 |
| 21/10/05 | 09:38:22 | 432 | 253,4941 | 782,1484 | 164 | 0,580585 | 0,847622 |
| 21/10/05 | 09:38:32 | 384 | 253,4941 | 781,2266 | 164,9238 | 0,582806 | 0,844959 |
| 21/10/05 | 09:38:42 | 400 | 255,7979 | 774,3242 | 164,4619 | 0,583496 | 0,840965 |
| 21/10/05 | 09:38:52 | 408 | 254,416 | 769,2578 | 162,1523 | 0,578022 | 0,840076 |
| 21/10/05 | 09:39:02 | 416 | 256,2578 | 767,418 | 163,0762 | 0,583054 | 0,836823 |
| 21/10/05 | 09:39:12 | 424 | 255,7979 | 765,1172 | 164,9238 | 0,583645 | 0,833912 |
| 21/10/05 | 09:39:22 | 440 | 258,1016 | 765,5742 | 165,3857 | 0,586159 | 0,82819 |
| 21/10/05 | 09:39:32 | 392 | 258,1016 | 764,1953 | 164 | 0,58976 | 0,822765 |
| 21/10/05 | 09:39:42 | 400 | 260,4063 | 767,418 | 165,8477 | 0,590698 | 0,818275 |
| 21/10/05 | 09:39:52 | 416 | 258,5625 | 763,7344 | 167,6963 | 0,59198 | 0,811371 |
| 21/10/05 | 09:40:02 | 424 | 259,0234 | 766,0352 | 165,3857 | 0,58754 | 0,800125 |
| 21/10/05 | 09:40:12 | 432 | 258,5625 | 763,2734 | 166,7725 | 0,594002 | 0,798843 |
| 21/10/05 | 09:40:22 | 384 | 259,9453 | 761,4336 | 164,4619 | 0,82671 | 1,14785 |
| 21/10/05 | 09:40:32 | 400 | 259,9453 | 759,5898 | 165,8477 | 0,827843 | 1,147804 |
| 21/10/05 | 09:40:42 | 408 | 260,8672 | 760,0508 | 163,5381 | 0,825527 | 1,147758 |
| 21/10/05 | 09:40:52 | 416 | 259,4844 | 758,6719 | 163,5381 | 0,825031 | 1,147705 |
| 21/10/05 | 09:41:02 | 424 | 260,4063 | 760,5117 | 162,6143 | 0,821529 | 1,147659 |
| 21/10/05 | 09:41:12 | 440 | 258,1016 | 756,3672 | 163,0762 | 0,821087 | 1,147659 |
| 21/10/05 | 09:41:22 | 392 | 259,4844 | 756,8281 | 163,0762 | 0,820744 | 1,14756 |
| 21/10/05 | 09:41:32 | 400 | 259,4844 | 757,2891 | 166,7725 | 0,844269 | 1,139221 |
| 21/10/05 | 09:41:42 | 416 | 259,9453 | 754,5273 | 165,8477 | 0,844666 | 1,129997 |
| 21/10/05 | 09:41:52 | 424 | 262,25 | 749,9219 | 166,3105 | 0,845058 | 1,12265 |
| 21/10/05 | 09:42:02 | 432 | 261,7891 | 751,3047 | 164,9238 | 0,854034 | 1,113869 |
| 21/10/05 | 09:42:12 | 384 | 265,4766 | 752,2266 | 167,6963 | 0,858227 | 1,105385 |
| 21/10/05 | 09:42:22 | 400 | 265,4766 | 749,9219 | 166,3105 | 0,854824 | 1,099861 |
| 21/10/05 | 09:42:32 | 408 | 268,2422 | 750,3828 | 167,2344 | 0,84935 | 1,086838 |
| 21/10/05 | 09:42:42 | 416 | 267,3203 | 746,6992 | 164,9238 | 0,842495 | 1,078751 |
| 21/10/05 | 09:42:52 | 424 | 266,3984 | 747,1602 | 164,4619 | 0,843578 | 1,066917 |
| 21/10/05 | 09:43:02 | 440 | 268,2422 | 747,6211 | 163,5381 | 0,843578 | 1,0569 |
| 21/10/05 | 09:43:12 | 392 | 265,9375 | 743,9375 | 160,3047 | 0,831493 | 1,045708 |
| 21/10/05 | 09:43:22 | 400 | 269,1641 | 744,3984 | 163,5381 | 0,837067 | 1,034409 |
| 21/10/05 | 09:43:32 | 416 | 268,2422 | 744,3984 | 159,8428 | 0,829079 | 1,026421 |
| 21/10/05 | 09:43:42 | 424 | 270,0859 | 743,0195 | 158,918 | 0,82972 | 1,013641 |
| 21/10/05 | 09:43:52 | 432 | 268,2422 | 742,0977 | 160,7666 | 0,833271 | 1,001312 |
| 21/10/05 | 09:44:02 | 384 | 269,1641 | 744,3984 | 161,6904 | 0,838745 | 0,98864 |
| 21/10/05 | 09:44:12 | 400 | 271,0078 | 743,0195 | 161,2285 | 0,840618 | 0,971325 |
| 21/10/05 | 09:44:22 | 408 | 275,6172 | 741,6367 | 162,1523 | 0,841606 | 0,951202 |
| 21/10/05 | 09:44:32 | 416 | 275,6172 | 742,5586 | 161,6904 | 0,841064 | 0,931324 |
| 21/10/05 | 09:44:42 | 424 | 278,8418 | 743,9375 | 162,1523 | 0,846737 | 0,911793 |
| 21/10/05 | 09:44:52 | 440 | 272,3906 | 744,3984 | 162,1523 | 0,854576 | 0,890682 |
| 21/10/05 | 09:45:02 | 392 | 272,8516 | 745,3203 | 161,2285 | 0,853836 | 0,870411 |
| 21/10/05 | 09:45:12 | 400 | 273,7734 | 738,875 | 159,8428 | 0,856106 | 0,850334 |
| 21/10/05 | 09:45:22 | 416 | 274,6953 | 740,2578 | 160,3047 | 0,854431 | 0,830261 |
| 21/10/05 | 09:45:32 | 424 | 272,3906 | 742,0977 | 161,6904 | 0,859116 | 0,811863 |
| 21/10/05 | 09:45:42 | 432 | 273,7734 | 743,9375 | 161,2285 | 0,859016 | 0,791199 |
| 21/10/05 | 09:45:52 | 384 | 273,3125 | 740,2578 | 162,6143 | 0,856106 | 0,774426 |
| 21/10/05 | 09:46:02 | 400 | 282,5293 | 738,4141 | 158,918 | 0,845009 | 0,756622 |
| 21/10/05 | 09:46:12 | 408 | 277,9199 | 742,5586 | 159,3799 | 0,848362 | 0,742367 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 21/10/05 | 09:46:22 | 416 | 277,9219 | 737,0352 | 159,3799 | 0,845108 | 0,736202 |
| 21/10/05 | 09:46:32 | 424 | 285,7559 | 726,9063 | 157,9941 | 0,857094 | 0,718002 |
| 21/10/05 | 09:46:42 | 440 | 288,5215 | 723,2227 | 160,3047 | 0,87051 | 0,696201 |
| 21/10/05 | 09:46:52 | 392 | 289,9043 | 721,3828 | 157,0703 | 0,866661 | 0,66853 |
| 21/10/05 | 09:47:02 | 400 | 295,4355 | 709,8711 | 154,7607 | 0,866711 | 0,639378 |
| 21/10/05 | 09:47:12 | 416 | 296,8184 | 692,8398 | 154,2988 | 0,863159 | 0,615654 |
| 21/10/05 | 09:47:22 | 424 | 297,2793 | 676,2656 | 152,4502 | 0,863457 | 0,589367 |
| 21/10/05 | 09:47:32 | 432 | 297,2793 | 651,4063 | 151,5264 | 0,872532 | 0,559032 |
| 21/10/05 | 09:47:42 | 384 | 301,8867 | 633,4531 | 146,4453 | 0,866959 | 0,531261 |
| 21/10/05 | 09:47:52 | 400 | 304,6523 | 621,0234 | 141,8252 | 0,870708 | 0,501373 |
| 21/10/05 | 09:48:02 | 408 | 306,957 | 614,1172 | 139,5156 | 0,879486 | 0,472914 |
| 21/10/05 | 09:48:12 | 416 | 312,9492 | 598,4648 | 135,3574 | 0,870659 | 0,445194 |
| 21/10/05 | 09:48:22 | 424 | 311,5664 | 590,1797 | 135,3574 | 0,885799 | 0,418066 |
| 21/10/05 | 09:48:32 | 440 | 311,1055 | 566,6992 | 132,123 | 0,883827 | 0,388323 |
| 21/10/05 | 09:48:42 | 392 | 306,0352 | 541,8438 | 125,1938 | 0,891174 | 0,359173 |
| 21/10/05 | 09:48:52 | 400 | 306,4961 | 540 | 121,498 | 0,886391 | 0,344671 |
| 21/10/05 | 09:49:02 | 416 | 305,1133 | 539,0781 | 119,6504 | 0,886341 | 0,324696 |
| 21/10/05 | 09:49:12 | 424 | 309,7227 | 540,9219 | 119,188 | 0,898132 | 0,299936 |
| 21/10/05 | 09:49:22 | 432 | 312,4883 | 536,7773 | 118,7261 | 0,893986 | 0,274139 |
| 21/10/05 | 09:49:32 | 384 | 311,5664 | 544,6055 | 113,1826 | 0,890434 | 0,243559 |
| 21/10/05 | 09:49:42 | 400 | 312,0273 | 543,6836 | 113,1826 | 0,90168 | 0,213571 |
| 21/10/05 | 09:49:52 | 408 | 311,5664 | 544,6055 | 108,5625 | 0,88131 | 0,199465 |
| 21/10/05 | 09:50:02 | 416 | 313,8711 | 543,6836 | 109,0244 | 0,873764 | 0,198933 |
| 21/10/05 | 09:50:12 | 424 | 310,1836 | 543,6836 | 107,6387 | 0,870461 | 0,198698 |
| 21/10/05 | 09:50:22 | 440 | 313,8711 | 545,5234 | 106,7148 | 0,866268 | 0,198595 |
| 21/10/05 | 09:50:32 | 392 | 312,0273 | 544,1445 | 106,7148 | 0,863556 | 0,198507 |
| 21/10/05 | 09:50:42 | 400 | 312,4883 | 548,2852 | 104,4048 | 0,86306 | 0,198454 |

B.3. EMBUTIDOS

Resultados Viga 6

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 1A | Fibra 2B | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 09/06/05 | 10:15:42 | 496 | -0,485615 | -2,444138 | 0,491524 | 2,444855 | 1,382645 | 0,001013 |
| 09/06/05 | 10:15:52 | 504 | 2,445084 | 7,336273 | 11,73572 | 8,317139 | 11,03693 | 0,057186 |
| 09/06/05 | 10:16:02 | 512 | 13,19092 | 20,53992 | 30,80188 | 18,59363 | 23,44958 | 0,13084 |
| 09/06/05 | 10:16:07 | 520 | 17,09851 | 28,85327 | 39,60156 | 29,35962 | 29,88586 | 0,151724 |
| 09/06/05 | 10:16:12 | 464 | 18,56384 | 32,27637 | 45,46826 | 35,23193 | 37,24121 | 0,166176 |
| 09/06/05 | 10:16:22 | 480 | 21,0061 | 41,07886 | 68,44531 | 50,4021 | 55,17065 | 0,189219 |
| 09/06/05 | 10:16:32 | 488 | 25,4021 | 52,32642 | 96,31152 | 72,9126 | 79,99609 | 0,218615 |
| 09/06/05 | 10:16:42 | 496 | 30,28662 | 64,06299 | 125,644 | 124,7847 | 113,5562 | 0,248343 |
| 09/06/05 | 10:16:52 | 504 | 37,61328 | 74,33203 | 144,2217 | 238,8057 | 142,5186 | 0,271477 |
| 09/06/05 | 10:17:02 | 512 | 44,94019 | 83,13477 | 165,7324 | 318,082 | 171,9414 | 0,299047 |
| 09/06/05 | 10:17:12 | 472 | 51,29004 | 102,6958 | 186,7539 | 426,7188 | 205,9619 | 0,331898 |
| 09/06/05 | 10:17:22 | 480 | 53,73218 | 113,9434 | 200,9316 | 461,4648 | 223,4307 | 0,328051 |
| 09/06/05 | 10:17:32 | 488 | 62,52441 | 130,5693 | 231,2422 | 535,3555 | 263,4277 | 0,360603 |
| 09/06/05 | 10:17:42 | 504 | 70,33936 | 170,6699 | 295,7734 | 653,7813 | 338,8223 | 0,394735 |
| 09/06/05 | 10:17:52 | 512 | 81,57373 | 289,9902 | 413,1035 | 786,8867 | 558,5703 | 0,413774 |
| 09/06/05 | 10:18:02 | 520 | 88,90039 | 358,9434 | 479,5918 | 907,7578 | 669,8281 | 0,44549 |
| 09/06/05 | 10:18:12 | 480 | 101,6001 | 535,9688 | 577,3672 | 1053,094 | 817,8594 | 0,474491 |
| 09/06/05 | 10:18:22 | 488 | 105,019 | 707,125 | 648,7422 | 1073,164 | 912,5625 | 0,468227 |
| 09/06/05 | 10:18:32 | 496 | 105,9961 | 731,5781 | 671,2305 | 1077,563 | 937,3867 | 0,467192 |
| 09/06/05 | 10:18:42 | 504 | 106,4849 | 740,8711 | 680,5195 | 1078,055 | 953,0195 | 0,464085 |
| 09/06/05 | 10:18:52 | 512 | 107,9502 | 750,1602 | 684,4297 | 1079,523 | 962,6719 | 0,462654 |
| 09/06/05 | 10:19:02 | 472 | 113,3228 | 757,0078 | 690,2969 | 1081,477 | 970,0313 | 0,464331 |
| 09/06/05 | 10:19:12 | 536 | 113,3228 | 810,3125 | 728,918 | 1146,563 | 1021,059 | 0,493975 |
| 09/06/05 | 10:19:22 | 488 | 117,2305 | 1075,852 | 895,1367 | 1268,414 | 1214,602 | 0,516663 |
| 09/06/05 | 10:19:32 | 504 | 121,1382 | 1306,18 | 1058,914 | 1398,586 | 1551,125 | 0,543049 |
| 09/06/05 | 10:19:42 | 512 | 131,3955 | 1495,43 | 1223,664 | 1511,625 | 3425,891 | 0,572742 |
| 09/06/05 | 10:19:52 | 520 | 150,4453 | 1666,586 | 1375,703 | 1622,227 | 0 | 0,599133 |
| 09/06/05 | 10:20:02 | 480 | 161,6797 | 1758,523 | 1469,57 | 1704,922 | 0 | 0,609047 |
| 09/06/05 | 10:20:12 | 488 | 139,2109 | 1786,398 | 1495,477 | 1721,078 | 0 | 0,604408 |
| 09/06/05 | 10:20:22 | 496 | 153,376 | 1777,594 | 1487,172 | 1708,352 | 0 | 0,603916 |
| 09/06/05 | 10:20:32 | 504 | 154,8408 | 1779,063 | 1487,172 | 1712,758 | 0 | 0,602585 |
| 09/06/05 | 10:20:42 | 576 | 151,4219 | 1813,297 | 1523,836 | 1745,539 | 0 | 0,608109 |
| 09/06/05 | 10:20:52 | 472 | 156,3066 | 1799,602 | 1509,164 | 1736,734 | 0 | 0,60643 |
| 09/06/05 | 10:21:02 | 480 | 166,5635 | 1822,586 | 1532,633 | 1754,352 | 0 | 0,607811 |
| 09/06/05 | 10:21:12 | 544 | 160,7021 | 1807,914 | 1518,945 | 1743,094 | 0 | 0,606972 |
| 09/06/05 | 10:21:22 | 504 | 159,2373 | 1807,914 | 1523,344 | 1745,055 | 0 | 0,605446 |
| 09/06/05 | 10:21:32 | 512 | 160,7021 | 1804,984 | 1522,859 | 1745,539 | 0 | 0,60574 |
| 09/06/05 | 10:21:42 | 520 | 166,5635 | 1897,406 | 1577,125 | 1834,117 | 0 | 0,631439 |
| 09/06/05 | 10:21:52 | 480 | 170,4717 | 1950,711 | 1620,633 | 1920,242 | 0 | 0,651859 |
| 09/06/05 | 10:22:02 | 488 | 180,7285 | 2054,875 | 1707,656 | 2089,063 | 0 | 0,677654 |
| 09/06/05 | 10:22:12 | 496 | 183,6592 | 2203,047 | 1836,227 | 2331,797 | 0 | 0,701035 |
| 09/06/05 | 10:22:22 | 560 | 216,874 | 2259,281 | 1906,141 | 2504,047 | 0 | 0,711689 |
| 09/06/05 | 10:22:32 | 520 | 195,8711 | 2283,734 | 1927,648 | 2544,656 | 0 | 0,712872 |
| 09/06/05 | 10:22:42 | 528 | 200,7549 | 2319,922 | 1956 | 2641,563 | 0 | 0,729248 |
| 09/06/05 | 10:22:52 | 536 | 210,5244 | 2411,375 | 2030,313 | 2777,109 | 0 | 0,748928 |
| 09/06/05 | 10:23:02 | 496 | 215,8975 | 2530,688 | 2105,594 | 2873,516 | 0 | 0,768311 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 09/06/05 | 10:23:12 | 504 | 227,1318 | 2656,375 | 2200,438 | 2971,875 | 0 | 0,803627 |
| 09/06/05 | 10:23:22 | 512 | 237,3887 | 2679,844 | 2261,547 | 3078,063 | 0 | 0,82597 |
| 09/06/05 | 10:23:32 | 520 | 243,25 | 2667,609 | 2273,281 | 3173,984 | 0 | 0,850929 |
| 09/06/05 | 10:23:42 | 480 | 249,6006 | 2662,719 | 2267,906 | 3271,859 | 0 | 0,879585 |
| 09/06/05 | 10:23:52 | 488 | 258,3926 | 2663,703 | 2258,609 | 3349,656 | 0 | 0,907551 |
| 09/06/05 | 10:24:02 | 496 | 248,623 | 2626,047 | 2255,188 | 3420,125 | 0 | 0,928612 |
| 09/06/05 | 10:24:12 | 504 | 253,5078 | 2495,969 | 2198 | 3423,063 | 0 | 0,954952 |
| 09/06/05 | 10:24:22 | 520 | 253,9961 | 2409,406 | 2135,422 | 3366,297 | 0 | 0,96146 |
| 09/06/05 | 10:24:32 | 472 | 256,9258 | 2392,781 | 2112,922 | 3291,422 | 0 | 0,985336 |
| 09/06/05 | 10:24:42 | 480 | 253,9961 | 2342,422 | 2076,75 | 3223,406 | 0 | 0,983658 |
| 09/06/05 | 10:24:52 | 496 | 254,4844 | 2357,078 | 2080,656 | 3218,031 | 0 | 0,987553 |
| 09/06/05 | 10:25:02 | 504 | 253,5078 | 2336,547 | 2076,266 | 3218,516 | 0 | 0,989429 |
| 09/06/05 | 10:25:12 | 512 | 273,0449 | 2330,188 | 2068,938 | 3200,406 | 0 | 0,988541 |
| 09/06/05 | 10:25:22 | 520 | 248,623 | 2335,563 | 2056,219 | 3203,828 | 0 | 0,989674 |
| 09/06/05 | 10:25:32 | 480 | 254,4844 | 2332,141 | 2068,438 | 3208,719 | 0 | 0,998455 |
| 09/06/05 | 10:25:42 | 488 | 254,4844 | 2320,891 | 2044,492 | 3184,75 | 0 | 0,996334 |
| 09/06/05 | 10:25:52 | 496 | 260,834 | 2331,656 | 2054,75 | 3198,938 | 0 | 0,99234 |
| 09/06/05 | 10:26:02 | 504 | 247,1582 | 2317,969 | 2054,266 | 3207,266 | 0 | 0,998455 |
| 09/06/05 | 10:26:12 | 520 | 261,3223 | 2329,219 | 2051,328 | 3185,234 | 0 | 0,995544 |
| 09/06/05 | 10:26:22 | 528 | 264,2539 | 2324,813 | 2054,266 | 3194,531 | 0 | 1,004967 |
| 09/06/05 | 10:26:32 | 480 | 267,1836 | 2339,484 | 2050,844 | 3197,469 | 0 | 1,002495 |
| 09/06/05 | 10:26:42 | 488 | 256,4375 | 2316 | 2031,289 | 3179,359 | 0 | 1,005798 |
| 09/06/05 | 10:26:52 | 504 | 253,5078 | 2315,031 | 2032,266 | 3185,734 | 0 | 1,004372 |
| 09/06/05 | 10:27:02 | 512 | 260,834 | 2336,547 | 2055,234 | 3206,281 | 0 | 1,019218 |
| 09/06/05 | 10:27:12 | 520 | 271,0918 | 2336,547 | 2051,328 | 3192,094 | 0 | 1,020302 |
| 09/06/05 | 10:27:22 | 480 | 255,9502 | 2322,859 | 2030,313 | 3158,813 | 0 | 1,019714 |
| 09/06/05 | 10:27:32 | 488 | 253,5078 | 2326,281 | 2028,359 | 3154,406 | 0 | 1,028244 |
| 09/06/05 | 10:27:42 | 496 | 251,5537 | 2326,281 | 2032,266 | 3141,188 | 0 | 1,020943 |
| 09/06/05 | 10:27:52 | 504 | 255,4619 | 2322,359 | 2013,203 | 3111,344 | 0 | 1,026566 |
| 09/06/05 | 10:28:02 | 576 | 258,3926 | 2332,641 | 2027,383 | 3112,813 | 0 | 1,032143 |
| 09/06/05 | 10:28:12 | 472 | 255,9502 | 2324,328 | 1999,516 | 3091,281 | 0 | 1,041069 |
| 09/06/05 | 10:28:22 | 488 | 253,5078 | 2305,25 | 1981,422 | 3077,578 | 0 | 1,024986 |
| 09/06/05 | 10:28:32 | 496 | 252,043 | 2294,984 | 1973,602 | 3059,469 | 0 | 1,017554 |
| 09/06/05 | 10:28:42 | 504 | 252,043 | 2295,469 | 1972,625 | 3058,984 | 0 | 1,023018 |
| 09/06/05 | 10:28:52 | 512 | 253,0195 | 2296,938 | 1969,695 | 3057,516 | 0 | 1,026367 |
| 09/06/05 | 10:29:02 | 520 | 263,2773 | 2316,5 | 1983,383 | 3067,797 | 0 | 1,024841 |
| 09/06/05 | 10:29:12 | 480 | 257,4141 | 2315,031 | 1978,492 | 3081,5 | 0 | 1,028046 |
| 09/06/05 | 10:29:22 | 488 | 253,9961 | 2299,375 | 1966,758 | 3059,469 | 0 | 1,033768 |
| 09/06/05 | 10:29:32 | 504 | 259,8574 | 2301,344 | 1980,938 | 3077,578 | 0 | 1,038551 |
| 09/06/05 | 10:29:42 | 504 | 252,043 | 2283,25 | 1955,516 | 3048,219 | 0 | 1,01532 |
| 09/06/05 | 10:29:52 | 512 | 252,5313 | 2282,266 | 1956,984 | 3052,125 | 0 | 1,023163 |
| 09/06/05 | 10:30:02 | 472 | 252,042 | 2282,75 | 1951,602 | 3052,125 | 0 | 1,025337 |
| 09/06/05 | 10:30:12 | 480 | 251,0654 | 2277,859 | 1946,711 | 3049,188 | 0 | 1,02272 |
| 09/06/05 | 10:30:22 | 488 | 259,8574 | 2313,078 | 1969,203 | 3076,594 | 0 | 1,035202 |
| 09/06/05 | 10:30:32 | 504 | 255,4619 | 2288,141 | 1948,18 | 3056,047 | 0 | 1,028145 |
| 09/06/05 | 10:30:42 | 512 | 256,9258 | 2292,047 | 1949,648 | 3060,938 | 0 | 1,032928 |
| 09/06/05 | 10:30:53 | 512 | 254,4844 | 2307,203 | 1956,492 | 3078,063 | 0 | 1,05143 |
| 09/06/05 | 10:31:03 | 576 | 263,2754 | 2319,922 | 1960,891 | 3085,891 | 0 | 1,043732 |
| 09/06/05 | 10:31:13 | 472 | 259,3691 | 2316,5 | 1955,516 | 3082,953 | 0 | 1,057198 |
| 09/06/05 | 10:31:23 | 488 | 240,8086 | 2322,859 | 1963,828 | 3093,719 | 0 | 1,048912 |
| 09/06/05 | 10:31:33 | 496 | 256,9258 | 2308,672 | 1956,984 | 3092,266 | 0 | 1,050781 |
| 09/06/05 | 10:31:43 | 504 | 277,9297 | 2316,5 | 1970,672 | 3117,703 | 0 | 1,05542 |
| 09/06/05 | 10:31:53 | 520 | 253,5078 | 2300,359 | 1958,938 | 3111,344 | 0 | 1,054382 |
| 09/06/05 | 10:32:03 | 472 | 255,4619 | 2298,891 | 1962,359 | 3125,531 | 0 | 1,062225 |
| 09/06/05 | 10:32:13 | 480 | 248,623 | 2305,25 | 1978 | 3145,109 | 0 | 1,062523 |
| 09/06/05 | 10:32:23 | 488 | 267,6719 | 2310,141 | 1974,578 | 3164,688 | 0 | 1,071404 |
| 09/06/05 | 10:32:33 | 504 | 254,9736 | 2289,594 | 1961,383 | 3146,578 | 0 | 1,065926 |
| 09/06/05 | 10:32:43 | 512 | 277,9297 | 2290,094 | 1976,539 | 3174,469 | 0 | 1,069427 |
| 09/06/05 | 10:32:53 | 520 | 254,9736 | 2283,25 | 1960,891 | 3170,063 | 0 | 1,069923 |
| 09/06/05 | 10:33:03 | 536 | 255,4619 | 2286,672 | 1964,313 | 3172,516 | 0 | 1,055862 |
| 09/06/05 | 10:33:13 | 488 | 267,6719 | 2265,156 | 1958,445 | 3166,156 | 0 | 1,049698 |
| 09/06/05 | 10:33:23 | 496 | 240,8086 | 2278,359 | 1955,023 | 3170,563 | 0 | 1,046448 |
| 09/06/05 | 10:33:33 | 504 | 95,25049 | 883,1758 | 679,543 | 889,1641 | 2169,453 | 0,002442 |
| 09/06/05 | 10:33:43 | 520 | 91,83105 | 890,5117 | 670,7422 | 879,8672 | 2177,734 | 0,00145 |
| 09/06/05 | 10:33:53 | 472 | 91,34277 | 896,3789 | 668,7852 | 879,375 | 2181,875 | 0,001599 |
| 09/06/05 | 10:34:04 | 472 | 88,41211 | 901,7578 | 669,7656 | 878,3984 | 2186 | 0,001427 |
| 09/06/05 | 10:34:14 | 480 | 88,90039 | 904,6914 | 667,3203 | 876,9297 | 2178,188 | 0,002104 |
| 09/06/05 | 10:34:24 | 496 | 89,38867 | 905,1797 | 664,3867 | 876,4414 | 2181,875 | 0,000736 |
| 09/06/05 | 10:34:34 | 504 | 84,99268 | 908,1172 | 664,875 | 877,9102 | 2187,391 | 0,00058 |
| 09/06/05 | 10:34:44 | 512 | 87,92383 | 911,5391 | 663,4102 | 879,375 | 2182,781 | 0,000781 |
| 09/06/05 | 10:34:54 | 520 | 86,45801 | 913,0039 | 666,3438 | 878,8867 | 2182,781 | 0,001123 |
| 09/06/05 | 10:35:04 | 480 | 82,55078 | 912,5156 | 663,8984 | 877,9102 | 2182,328 | 0,00108 |

Resultados Viga 7

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 1A | Fibra 2B | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 16/06/05 | 10:59:03 | 504 | -0,924622 | 6,94397 | 5,559082 | 4,630951 | 8,71759 | 0,000201 | 0,402283 |
| 16/06/05 | 10:59:13 | 448 | 2,31279 | 8,795532 | 2,781586 | 6,020294 | 7,800598 | 0,000315 | 0,400753 |
| 16/06/05 | 10:59:23 | 456 | 19,42456 | 24,99658 | 24,53943 | 28,71277 | 28,4364 | 0,135841 | 0,493036 |
| 16/06/05 | 10:59:28 | 456 | 20,81201 | 27,77393 | 26,85413 | 35,65942 | 33,93896 | 0,151465 | 0,502949 |
| 16/06/05 | 10:59:33 | 464 | 21,27454 | 33,32861 | 31,02051 | 43,99561 | 39,90063 | 0,170981 | 0,512619 |
| 16/06/05 | 10:59:43 | 472 | 23,58704 | 36,56885 | 37,03857 | 70,39307 | 42,6521 | 0,189164 | 0,537575 |
| 16/06/05 | 10:59:53 | 488 | 25,43689 | 48,604 | 48,14893 | 92,62207 | 47,69653 | 0,21185 | 0,561054 |
| 16/06/05 | 11:00:03 | 440 | 30,52417 | 54,15869 | 56,01904 | 142,6387 | 62,37085 | 0,240057 | 0,581028 |
| 16/06/05 | 11:00:13 | 448 | 30,06177 | 70,82227 | 68,98096 | 179,6875 | 60,07788 | 0,265902 | 0,609241 |
| 16/06/05 | 11:00:23 | 456 | 35,61157 | 86,56055 | 73,61035 | 217,1992 | 50,90649 | 0,282328 | 0,618664 |
| 16/06/05 | 11:00:33 | 472 | 42,54883 | 116,1855 | 90,73926 | 274,1621 | 43,56934 | 0,322525 | 0,649689 |
| 16/06/05 | 11:00:43 | 480 | 49,02344 | 139,793 | 112,96 | 319,084 | 51,36499 | 0,351084 | 0,674004 |
| 16/06/05 | 11:00:53 | 488 | 54,57324 | 192,0996 | 149,5313 | 382,9941 | 50,90649 | 0,380432 | 0,707397 |
| 16/06/05 | 11:01:03 | 448 | 61,0481 | 232,3701 | 179,6221 | 445,9766 | 60,07813 | 0,407813 | 0,73418 |
| 16/06/05 | 11:01:13 | 456 | 65,21045 | 286,0645 | 212,0273 | 523,7773 | 71,54248 | 0,433601 | 0,749371 |
| 16/06/05 | 11:01:23 | 472 | 67,98535 | 309,6719 | 235,6377 | 576,5742 | 81,17236 | 0,444454 | 0,760715 |
| 16/06/05 | 11:01:33 | 472 | 72,60986 | 345,7773 | 273,5977 | 654,3789 | 97,68115 | 0,466846 | 0,78651 |
| 16/06/05 | 11:01:43 | 488 | 82,32227 | 386,5117 | 348,5918 | 1186,492 | 182,0586 | 0,491262 | 0,80481 |
| 16/06/05 | 11:01:53 | 496 | 79,08496 | 515,6563 | 574,043 | 1443,984 | 447,1152 | 0,511681 | 0,829521 |
| 16/06/05 | 11:02:03 | 448 | 83,24707 | 622,5859 | 723,1055 | 1591,25 | 679,6133 | 0,528648 | 0,849792 |
| 16/06/05 | 11:02:13 | 456 | 83,70947 | 685,0742 | 832,8203 | 1714,906 | 845,1602 | 0,54591 | 0,87204 |
| 16/06/05 | 11:02:23 | 472 | 90,18457 | 822,5547 | 1092,523 | 1864,492 | 1184,961 | 0,576885 | 0,893791 |
| 16/06/05 | 11:02:33 | 480 | 92,95947 | 880,4141 | 1195,758 | 1954,797 | 1346,836 | 0,592129 | 0,912731 |
| 16/06/05 | 11:02:43 | 488 | 97,58398 | 950,7734 | 1305,477 | 2053,438 | 1480,742 | 0,608501 | 0,923187 |
| 16/06/05 | 11:02:53 | 448 | 104,0591 | 1009,098 | 1389,727 | 2190,516 | 1641,703 | 0,63213 | 0,946762 |
| 16/06/05 | 11:03:03 | 456 | 104,9839 | 1059,547 | 1439,266 | 2285 | 1687,102 | 0,642735 | 0,960079 |
| 16/06/05 | 11:03:13 | 464 | 114,6958 | 1125,281 | 1527,219 | 2454,5 | 1851,273 | 0,674053 | 0,988148 |
| 16/06/05 | 11:03:23 | 472 | 123,4834 | 1201,195 | 1618,422 | 2599,453 | 1957,203 | 0,694622 | 1,020645 |
| 16/06/05 | 11:03:33 | 488 | 133,6572 | 1273,867 | 1707,766 | 2685,594 | 2128,25 | 0,71085 | 1,040375 |
| 16/06/05 | 11:03:43 | 496 | 144,7568 | 1335,898 | 1775,82 | 2786,078 | 2256,656 | 0,72821 | 1,051971 |
| 16/06/05 | 11:03:53 | 448 | 184,5313 | 1377,555 | 1827,203 | 2951,875 | 2355,703 | 0,756424 | 1,079193 |
| 16/06/05 | 11:04:03 | 456 | 232,167 | 1483,094 | 1868,867 | 3106,094 | 2460,25 | 0,779308 | 1,111404 |
| 16/06/05 | 11:04:13 | 472 | 277,4902 | 1601,133 | 1919,328 | 3207,047 | 2619,844 | 0,798893 | 1,128716 |
| 16/06/05 | 11:04:23 | 480 | 314,9512 | 1652,047 | 1942,008 | 3258,453 | 2847,297 | 0,80846 | 1,138824 |
| 16/06/05 | 11:04:33 | 488 | 354,7246 | 1716,391 | 1969,328 | 3355,25 | 4476,156 | 0,826958 | 1,158455 |
| 16/06/05 | 11:04:43 | 440 | 382,4727 | 1772,398 | 1979,508 | 3456,672 | 0 | 0,844269 | 1,17804 |
| 16/06/05 | 11:04:53 | 456 | 422,2461 | 1850,164 | 1991,086 | 3607,641 | 0 | 0,869869 | 1,217445 |
| 16/06/05 | 11:05:03 | 464 | 449,5332 | 1901,086 | 1983,211 | 3681,75 | 0 | 0,877464 | 1,24749 |
| 16/06/05 | 11:05:13 | 472 | 464,332 | 1925,156 | 1974,414 | 3716,016 | 0 | 0,884766 | 1,291237 |
| 16/06/05 | 11:05:23 | 488 | 470,8066 | 1934,414 | 1976,266 | 3723,422 | 0 | 0,885059 | 1,318268 |
| 16/06/05 | 11:05:33 | 496 | 476,8203 | 1943,203 | 1973,953 | 3737,313 | 0 | 0,889992 | 1,340607 |
| 16/06/05 | 11:05:43 | 448 | 484,6816 | 1948,758 | 1977,195 | 3743,797 | 0 | 0,889301 | 1,367691 |
| 16/06/05 | 11:05:53 | 456 | 490,6934 | 1947,375 | 1974,414 | 3736,391 | 0 | 0,883137 | 1,396835 |
| 16/06/05 | 11:06:03 | 472 | 494,3945 | 1949,227 | 1974,883 | 3740,094 | 0 | 0,881756 | 1,424164 |
| 16/06/05 | 11:06:13 | 480 | 502,2559 | 1964,5 | 1987,375 | 3790,109 | 0 | 0,899117 | 1,461159 |
| 16/06/05 | 11:06:23 | 488 | 509,1934 | 1967,273 | 1979,508 | 3796,125 | 0 | 0,895763 | 1,493958 |
| 16/06/05 | 11:06:33 | 448 | 511,5059 | 1966,352 | 1977,195 | 3793,813 | 0 | 0,894432 | 1,52459 |
| 16/06/05 | 11:06:43 | 456 | 517,5156 | 1975,148 | 1981,359 | 3816,047 | 0 | 0,899166 | 1,554924 |
| 16/06/05 | 11:06:53 | 464 | 521,6797 | 1983,016 | 1983,672 | 3827,156 | 0 | 0,900448 | 1,582344 |
| 16/06/05 | 11:07:03 | 472 | 525,3789 | 1983,477 | 1985,063 | 3839,672 | 0 | 0,900745 | 1,601479 |
| 16/06/05 | 11:07:13 | 488 | 528,6172 | 1989,031 | 1989,695 | 3868,375 | 0 | 0,910412 | 1,625259 |
| 16/06/05 | 11:07:23 | 496 | 535,0898 | 1994,586 | 1990,617 | 3880,875 | 0 | 0,91066 | 1,651642 |
| 16/06/05 | 11:07:33 | 448 | 540,6406 | 1999,219 | 1987,844 | 3892,922 | 0 | 0,913422 | 1,678429 |
| 16/06/05 | 11:07:43 | 456 | 543,418 | 2001,531 | 1984,602 | 3894,313 | 0 | 0,912533 | 1,712852 |
| 16/06/05 | 11:07:53 | 472 | 548,043 | 2010,328 | 1992,008 | 3934,141 | 0 | 0,926441 | 1,749207 |
| 16/06/05 | 11:08:03 | 480 | 555,4414 | 2022,82 | 1998,023 | 3955,906 | 0 | 0,927132 | 1,791573 |
| 16/06/05 | 11:08:13 | 488 | 556,8281 | 2008,938 | 1984,602 | 3921,172 | 0 | 0,91214 | 1,827087 |
| 16/06/05 | 11:08:23 | 448 | 557,7539 | 2008,938 | 1990,156 | 3932,281 | 0 | 0,915642 | 1,880409 |
| 16/06/05 | 11:08:33 | 456 | 560,0664 | 2009,859 | 1991,086 | 3938,766 | 0 | 0,916874 | 1,906647 |
| 16/06/05 | 11:08:43 | 464 | 566,5391 | 2012,18 | 1994,789 | 3979,531 | 0 | 0,932213 | 1,968452 |
| 16/06/05 | 11:08:53 | 472 | 564,6914 | 2006,625 | 1989,695 | 3953,125 | 0 | 0,914852 | 1,992271 |
| 16/06/05 | 11:09:03 | 488 | 568,3906 | 2003,383 | 1991,086 | 3961 | 0 | 0,920277 | 1,991783 |
| 16/06/05 | 11:09:13 | 496 | 567,9297 | 1997,367 | 1986,914 | 3942,469 | 0 | 0,912682 | 1,435427 |
| 16/06/05 | 11:09:23 | 448 | 573,4766 | 2008,008 | 1992,008 | 3978,141 | 0 | 0,922596 | 0,452543 |
| 16/06/05 | 11:09:33 | 464 | 579,0273 | 2014,953 | 1995,25 | 4005,453 | 0 | 0,932411 | 0,503689 |
| 16/06/05 | 11:09:43 | 472 | 580,8789 | 2015,883 | 1997,563 | 4021,672 | 0 | 0,934036 | 0,556862 |
| 16/06/05 | 11:09:53 | 480 | 580,8789 | 2018,656 | 1998,953 | 4038,797 | 0 | 0,937737 | 0,608997 |
| 16/06/05 | 11:10:03 | 488 | 582,2656 | 2020,969 | 2004,047 | 4052,703 | 0 | 0,937687 | 0,662609 |
| 16/06/05 | 11:10:13 | 448 | 584,5781 | 2016,344 | 2003,117 | 4067,047 | 0 | 0,945431 | 0,701477 |
| 16/06/05 | 11:10:23 | 456 | 586,4258 | 2016,344 | 2003,117 | 4072,609 | 0 | 0,944691 | 0,743946 |
| 16/06/05 | 11:10:33 | 464 | 588,7383 | 2025,141 | 2006,359 | 4097,156 | 0 | 0,95298 | 0,792774 |
| 16/06/05 | 11:10:43 | 528 | 589,6641 | 2015,883 | 2004,047 | 4080,484 | 0 | 0,94479 | 0,82666 |
| 16/06/05 | 11:10:53 | 520 | 591,9766 | 2017,734 | 2001,727 | 4087,891 | 0 | 0,945728 | 0,885109 |
| 16/06/05 | 11:11:03 | 496 | 594,2891 | 2025,141 | 05,898 | 4109,656 | 0 | 0,952042 | 0,927921 |
| 16/06/05 | 11:11:13 | 448 | 593,3633 | 2025,602 | 2004,047 | 4108,719 | 0 | 0,955936 | 0,978329 |
| 16/06/05 | 11:11:23 | 456 | 593,3633 | 2029,766 | 1999,875 | 4106,875 | 0 | 0,94997 | 1,047188 |
| 16/06/05 | 11:11:33 | 472 | 596,6016 | 2034,859 | 05,898 | 4146,25 | 0 | 0,966938 | 1,122849 |
| 16/06/05 | 11:11:43 | 480 | 595,6758 | 2034,398 | 1999,875 | 4129,094 | 0 | 0,958305 | 1,190521 |
| 16/06/05 | 11:11:53 | 488 | 596,1406 | 2038,563 | 1998,492 | 4146,688 | 0 | 0,964371 | 1,262726 |
| 16/06/05 | 11:12:03 | 440 | 594,2891 | 2035,781 | 1993,398 | 4122,156 | 0 | 0,960033 | 1,326553 |
| 16/06/05 | 11:12:13 | 456 | 597,5273 | 2043,188 | 1990,617 | 4122,625 | 0 | 0,957958 | 1,404533 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 16/06/05 | 11:12:23 | 464 | 596,6016 | 2044,578 | 1992,938 | 4146,688 | 0 | 0,968861 | 1,482117 |
| 16/06/05 | 11:12:33 | 472 | 595,2148 | 2041,805 | 1984,602 | 4130,5 | 0 | 0,96452 | 1,541161 |
| 16/06/05 | 11:12:43 | 488 | 597,5273 | 2052,906 | 1988,305 | 4144,375 | 0 | 0,964668 | 1,612823 |
| 16/06/05 | 11:12:53 | 496 | 598,9141 | 2061,703 | 1989,695 | 4158,281 | 0 | 0,969501 | 1,691254 |
| 16/06/05 | 11:13:03 | 448 | 599,3789 | 2060,781 | 1986,453 | 4157,344 | 0 | 0,970634 | 1,767159 |
| 16/06/05 | 11:13:13 | 456 | 600,7656 | 2061,234 | 1982,75 | 4148,094 | 0 | 0,96822 | 1,826447 |
| 16/06/05 | 11:13:23 | 472 | 597,5273 | 2051,063 | 1973,031 | 4124 | 0 | 0,960278 | 1,828224 |
| 16/06/05 | 11:13:33 | 480 | 294,1387 | 676,2813 | 743,4766 | 1049,414 | 1361,055 | 0,002717 | 0,909721 |
| 16/06/05 | 11:13:43 | 488 | 273,3262 | 670,7266 | 724,0313 | 1053,578 | 1316,117 | 0,0023 | 0,903458 |
| 16/06/05 | 11:13:53 | 440 | 264,5391 | 663,3203 | 715,6992 | 1056,359 | 1315,195 | 0,001991 | 0,901138 |
| 16/06/05 | 11:14:03 | 456 | 258,9902 | 664,707 | 715,2344 | 1058,672 | 1300,984 | 0,002143 | 0,900154 |

Resultados Viga 10

| Data | Hora | seg. x 10 ³ | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 05/07/05 | 10:12:39 | 504 | 3,242767 | 2,76329 | 0,000781 | 0,483519 |
| 07/05/05 | 10:12:49 | 504 | 13,42902 | 17,92993 | 0,024361 | 0,493036 |
| 07/05/05 | 10:12:59 | 512 | 22,2262 | 31,25806 | 0,123515 | 0,542114 |
| 07/05/05 | 10:13:04 | 520 | 25,46729 | 38,15186 | 0,135031 | 0,551338 |
| 07/05/05 | 10:13:09 | 520 | 36,11646 | 50,56104 | 0,14432 | 0,558193 |
| 07/05/05 | 10:13:19 | 536 | 43,52466 | 51,93994 | 0,15549 | 0,56776 |
| 07/05/05 | 10:13:29 | 544 | 41,67261 | 58,83374 | 0,168838 | 0,580338 |
| 07/05/05 | 10:13:39 | 496 | 42,59863 | 66,1875 | 0,190536 | 0,596272 |
| 07/05/05 | 10:13:49 | 512 | 54,63696 | 67,10645 | 0,211318 | 0,614323 |
| 07/05/05 | 10:13:59 | 520 | 55,56299 | 74,00049 | 0,217565 | 0,620243 |
| 07/05/05 | 10:14:09 | 528 | 84,73242 | 90,5459 | 0,232511 | 0,632572 |
| 07/05/05 | 10:14:20 | 528 | 127,7925 | 127,7729 | 0,251007 | 0,647812 |
| 07/05/05 | 10:14:30 | 536 | 166,2227 | 158,5654 | 0,263388 | 0,660736 |
| 07/05/05 | 10:14:40 | 496 | 213,9131 | 195,334 | 0,277 | 0,672424 |
| 07/05/05 | 10:14:50 | 560 | 275,4922 | 248,6475 | 0,295446 | 0,686829 |
| 07/05/05 | 10:15:01 | 504 | 376,8926 | 364,0059 | 0,312218 | 0,703255 |
| 07/05/05 | 10:15:11 | 512 | 481,0703 | 487,6367 | 0,334955 | 0,720268 |
| 07/05/05 | 10:15:21 | 528 | 582,9336 | 598,3984 | 0,352959 | 0,734921 |
| 07/05/05 | 10:15:31 | 536 | 685,7188 | 728,4648 | 0,369678 | 0,760319 |
| 07/05/05 | 10:15:41 | 544 | 722,2969 | 767,9883 | 0,375252 | 0,765797 |
| 07/05/05 | 10:15:51 | 496 | 785,2695 | 840,6055 | 0,390444 | 0,777534 |
| 07/05/05 | 10:16:01 | 512 | 888,0547 | 963,7773 | 0,416536 | 0,796623 |
| 07/05/05 | 10:16:11 | 520 | 989,457 | 1115,445 | 0,426598 | 0,807079 |
| 07/05/05 | 10:16:21 | 528 | 1130,672 | 1290,547 | 0,438486 | 0,817585 |
| 07/05/05 | 10:16:31 | 536 | 1229,297 | 1408,664 | 0,458263 | 0,832924 |
| 07/05/05 | 10:16:41 | 496 | 1313,102 | 1505,18 | 0,473701 | 0,846241 |
| 07/05/05 | 10:16:51 | 504 | 1378,383 | 1585,609 | 0,48337 | 0,855762 |
| 07/05/05 | 10:17:01 | 512 | 1441,352 | 1652,25 | 0,495502 | 0,8675 |
| 07/05/05 | 10:17:11 | 528 | 1616,375 | 1749,227 | 0,504135 | 0,877266 |
| 07/05/05 | 10:17:21 | 592 | 1583,039 | 1846,664 | 0,525738 | 0,894482 |
| 07/05/05 | 10:17:31 | 552 | 1620,539 | 1900,891 | 0,533482 | 0,901928 |
| 07/05/05 | 10:17:41 | 504 | 1673,32 | 2003,383 | 0,551434 | 0,917908 |
| 07/05/05 | 10:17:51 | 512 | 1737,219 | 2172,047 | 0,566528 | 0,932953 |
| 07/05/05 | 10:18:01 | 576 | 1799,266 | 2537,438 | 0,590103 | 0,952782 |
| 07/05/05 | 10:18:11 | 528 | 1841,398 | 3480,531 | 0,598392 | 0,96225 |
| 07/05/05 | 10:18:21 | 536 | 1864,547 | 0 | 0,609142 | 0,973595 |
| 07/05/05 | 10:18:31 | 496 | 1891,398 | 0 | 0,619354 | 0,984348 |
| 07/05/05 | 10:18:41 | 504 | 1915,477 | 0 | 0,626507 | 0,994064 |
| 07/05/05 | 10:18:51 | 512 | 1944,188 | 0 | 0,64653 | 1,007828 |
| 07/05/05 | 10:19:02 | 512 | 1996,039 | 0 | 0,659554 | 1,022026 |
| 07/05/05 | 10:19:12 | 528 | 2053,922 | 0 | 0,678146 | 1,039932 |
| 07/05/05 | 10:19:22 | 536 | 2127,531 | 0 | 0,694031 | 1,058037 |
| 07/05/05 | 10:19:32 | 544 | 2178,469 | 0 | 0,712082 | 1,076187 |
| 07/05/05 | 10:19:42 | 496 | 2215,047 | 0 | 0,726139 | 1,092514 |
| 07/05/05 | 10:19:52 | 512 | 2213,656 | 0 | 0,740246 | 1,105484 |
| 07/05/05 | 10:20:02 | 520 | 2222,453 | 0 | 0,74651 | 1,117569 |
| 07/05/05 | 10:20:12 | 528 | 2251,156 | 0 | 0,765797 | 1,138084 |
| 07/05/05 | 10:20:22 | 536 | 2286,344 | 0 | 0,785576 | 1,157028 |
| 07/05/05 | 10:20:32 | 496 | 2277,547 | 0 | 0,776646 | 1,159935 |
| 07/05/05 | 10:20:42 | 504 | 2294,688 | 0 | 0,794353 | 1,176117 |
| 07/05/05 | 10:20:52 | 512 | 2290,047 | 0 | 0,802444 | 1,18618 |
| 07/05/05 | 10:21:02 | 528 | 2299,781 | 0 | 0,813934 | 1,203346 |
| 07/05/05 | 10:21:12 | 536 | 2316,906 | 0 | 0,830212 | 1,223808 |
| 07/05/05 | 10:21:22 | 544 | 2338,672 | 0 | 0,836426 | 1,238655 |
| 07/05/05 | 10:21:32 | 496 | 2332,641 | 0 | 0,829128 | 1,239944 |
| 07/05/05 | 10:21:42 | 512 | 2329,406 | 0 | 0,827106 | 1,240234 |
| 07/05/05 | 10:21:52 | 520 | 2330,328 | 0 | 0,824245 | 1,240585 |
| 07/05/05 | 10:22:02 | 528 | 2333,109 | 0 | 0,821335 | 1,24073 |
| 07/05/05 | 10:22:12 | 536 | 2329,875 | 0 | 0,819016 | 1,240829 |
| 07/05/05 | 10:22:22 | 496 | 2337,734 | 0 | 0,839287 | 1,254143 |
| 07/05/05 | 10:22:32 | 504 | 2341,906 | 0 | 0,848907 | 1,266281 |
| 07/05/05 | 10:22:42 | 512 | 2354,406 | 0 | 0,862865 | 1,280777 |
| 07/05/05 | 10:22:52 | 528 | 2356,719 | 0 | 0,875736 | 1,297897 |
| 07/05/05 | 10:23:02 | 536 | 2370,609 | 0 | 0,877464 | 1,308304 |
| 07/05/05 | 10:23:12 | 488 | 2379,406 | 0 | 0,887379 | 1,323349 |
| 07/05/05 | 10:23:22 | 552 | 2380,344 | 0 | 0,899956 | 1,341156 |
| 07/05/05 | 10:23:32 | 512 | 2381,266 | 0 | 0,895813 | 1,346779 |
| 07/05/05 | 10:23:42 | 576 | 2399,781 | 0 | 0,922695 | 1,378143 |

| | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|
| 07/05/05 | 10:23:52 | 528 | 2402,094 | 0 | 0,92955 | 1,396095 |
| 07/05/05 | 10:24:02 | 536 | 2437,75 | 0 | 0,958107 | 1,432846 |
| 07/05/05 | 10:24:12 | 496 | 2447,016 | 0 | 0,958256 | 1,457405 |
| 07/05/05 | 10:24:22 | 504 | 2436,359 | 0 | 0,948589 | 1,460861 |
| 07/05/05 | 10:24:32 | 512 | 2451,641 | 0 | 0,944149 | 1,461006 |
| 07/05/05 | 10:24:42 | 528 | 2439,609 | 0 | 0,942078 | 1,461304 |
| 07/05/05 | 10:24:52 | 536 | 2448,406 | 0 | 0,959389 | 1,482567 |
| 07/05/05 | 10:25:02 | 544 | 2441,453 | 0 | 0,94775 | 1,515953 |
| 07/05/05 | 10:25:12 | 552 | 2454,422 | 0 | 0,954853 | 1,559067 |
| 07/05/05 | 10:25:22 | 512 | 2453,031 | 0 | 0,949379 | 1,582199 |
| 07/05/05 | 10:25:32 | 520 | 2448,859 | 0 | 0,950905 | 1,612083 |
| 07/05/05 | 10:25:42 | 584 | 2451,641 | 0 | 0,939613 | 1,633835 |
| 07/05/05 | 10:25:52 | 536 | 2470,625 | 0 | 0,946369 | 1,657906 |
| 07/05/05 | 10:26:02 | 496 | 2463,688 | 0 | 0,962399 | 1,718918 |
| 07/05/05 | 10:26:12 | 504 | 2449,328 | 0 | 0,966664 | 1,800255 |
| 07/05/05 | 10:26:22 | 512 | 2477,578 | 0 | 0,979218 | 1,854805 |
| 07/05/05 | 10:26:32 | 528 | 2459,047 | 0 | 0,954212 | 1,889877 |
| 07/05/05 | 10:26:42 | 536 | 2471,094 | 0 | 0,959194 | 1,914932 |
| 07/05/05 | 10:26:52 | 544 | 2471,094 | 0 | 0,97266 | 1,98423 |
| 07/05/05 | 10:27:02 | 496 | 2472,938 | 0 | 0,963829 | 1,992371 |
| 07/05/05 | 10:27:12 | 512 | 2470,156 | 0 | 0,950954 | 1,992371 |
| 07/05/05 | 10:27:22 | 576 | 2478,031 | 0 | 0,937637 | 1,992371 |
| 07/05/05 | 10:27:32 | 528 | 2474,797 | 0 | 0,95076 | 1,992325 |
| 07/05/05 | 10:27:42 | 536 | 2488,219 | 0 | 0,955837 | 1,99247 |
| 07/05/05 | 10:27:52 | 496 | 2482,656 | 0 | 0,955837 | 1,992516 |
| 07/05/05 | 10:28:02 | 504 | 2485,438 | 0 | 0,945087 | 0,973301 |
| 07/05/05 | 10:28:12 | 568 | 2488,219 | 0 | 0,939415 | 0,429853 |
| 07/05/05 | 10:28:22 | 528 | 2494,234 | 0 | 0,962746 | 0,477451 |
| 07/05/05 | 10:28:32 | 536 | 2502,578 | 0 | 0,967773 | 0,525738 |
| 07/05/05 | 10:28:42 | 544 | 2509,063 | 0 | 0,980255 | 0,634445 |
| 07/05/05 | 10:28:52 | 552 | 2515,531 | 0 | 0,965702 | 0,740444 |
| 07/05/05 | 10:29:02 | 512 | 2521,563 | 0 | 0,96891 | 0,861778 |
| 07/05/05 | 10:29:12 | 520 | 2534,063 | 0 | 0,974632 | 0,986073 |
| 07/05/05 | 10:29:22 | 528 | 2539,156 | 0 | 0,960968 | 1,057983 |
| 07/05/05 | 10:29:32 | 536 | 2539,609 | 0 | 0,961117 | 1,1082 |
| 07/05/05 | 10:29:42 | 496 | 2545,641 | 0 | 0,961117 | 1,129059 |
| 07/05/05 | 10:29:52 | 504 | 2011,781 | 0 | 0,089522 | 0,413774 |
| 07/05/05 | 10:30:02 | 512 | 1355,234 | 7704,656 | 0,001505 | 0,41328 |
| 07/05/05 | 10:30:12 | 528 | 1351,992 | 4922,281 | 0,00143 | 0,413231 |
| 07/05/05 | 10:30:22 | 536 | 0 | 4077,078 | 0,000922 | 0,413231 |
| 07/05/05 | 10:30:32 | 600 | 0 | 3818,328 | 0,001344 | 0,413134 |
| 07/05/05 | 10:30:42 | 552 | 0 | 3567,844 | 0,001797 | 0,41333 |
| 07/05/05 | 10:30:52 | 512 | 0 | 0 | -0,00031 | 0,41338 |

Resultados Viga 27

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Estribo 2 | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 22/09/05 | 09:58:56 | 496 | -0,464237 | 6,925781 | -7,402313 | 0,002458 | 1,348946 |
| 22/09/05 | 09:59:06 | 512 | 1,383179 | 7,849884 | -0,005516 | 0,024254 | 1,345444 |
| 22/09/05 | 09:59:16 | 520 | 0,459444 | 14,31824 | 21,26025 | 0,097307 | 1,329018 |
| 22/09/05 | 09:59:22 | 512 | 4,616089 | 27,71704 | 37,90283 | 0,115901 | 1,323593 |
| 22/09/05 | 09:59:27 | 520 | 5,077911 | 29,56531 | 39,7522 | 0,121908 | 1,321968 |
| 22/09/05 | 09:59:37 | 528 | 7,848999 | 34,64746 | 53,15894 | 0,132618 | 1,318756 |
| 22/09/05 | 09:59:47 | 536 | 12,46753 | 45,73633 | 67,02783 | 0,151934 | 1,314072 |
| 22/09/05 | 09:59:57 | 488 | 14,77667 | 53,59082 | 54,54565 | 0,168051 | 1,30954 |
| 22/09/05 | 10:00:07 | 504 | 24,93738 | 64,21729 | 47,61133 | 0,186986 | 1,304802 |
| 22/09/05 | 10:00:17 | 512 | 55,41943 | 84,54688 | 52,23413 | 0,213779 | 1,298241 |
| 22/09/05 | 10:00:27 | 520 | 75,27881 | 107,186 | 47,14893 | 0,231771 | 1,293457 |
| 22/09/05 | 10:00:37 | 536 | 84,51563 | 122,4331 | 42,52588 | 0,238183 | 1,291237 |
| 22/09/05 | 10:00:47 | 544 | 91,90527 | 130,75 | 42,98828 | 0,24721 | 1,288818 |
| 22/09/05 | 10:00:57 | 496 | 100,6802 | 138,1416 | 55,00806 | 0,253029 | 1,287239 |
| 22/09/05 | 10:01:07 | 504 | 114,9976 | 147,3828 | 58,70654 | 0,260477 | 1,285019 |
| 22/09/05 | 10:01:17 | 520 | 127,0059 | 165,4014 | 59,6311 | 0,274485 | 1,281425 |
| 22/09/05 | 10:01:27 | 528 | 142,2461 | 189,8896 | 61,48022 | 0,290466 | 1,277473 |
| 22/09/05 | 10:01:37 | 536 | 159,335 | 212,9912 | 57,31958 | 0,300428 | 1,274513 |
| 22/09/05 | 10:01:47 | 488 | 170,8809 | 226,8516 | 50,38501 | 0,308271 | 1,272247 |
| 22/09/05 | 10:01:57 | 504 | 186,584 | 254,5732 | 49,46045 | 0,326471 | 1,267708 |
| 22/09/05 | 10:02:07 | 512 | 205,0576 | 272,5918 | 48,99829 | 0,337915 | 1,264557 |
| 22/09/05 | 10:02:17 | 520 | 217,9893 | 291,0742 | 46,22437 | 0,351479 | 1,260757 |
| 22/09/05 | 10:02:27 | 536 | 240,1582 | 318,7949 | 48,99829 | 0,365437 | 1,25676 |
| 22/09/05 | 10:02:37 | 544 | 254,0137 | 339,5859 | 45,76196 | 0,380136 | 1,25296 |
| 22/09/05 | 10:02:47 | 496 | 269,7168 | 357,6055 | 43,91284 | 0,390394 | 1,250397 |
| 22/09/05 | 10:02:57 | 504 | 288,6523 | 381,1699 | 41,60132 | 0,405832 | 1,246109 |
| 22/09/05 | 10:03:07 | 520 | 316,8242 | 408,4297 | 42,52588 | 0,418461 | 1,242065 |
| 22/09/05 | 10:03:17 | 528 | 346,8457 | 437,5371 | 43,91284 | 0,436266 | 1,237175 |
| 22/09/05 | 10:03:27 | 536 | 360,7012 | 455,5566 | 38,82764 | 0,446476 | 1,23407 |
| 22/09/05 | 10:03:37 | 488 | 381,9453 | 476,8105 | 36,05371 | 0,460434 | 1,230324 |
| 22/09/05 | 10:03:47 | 504 | 409,6563 | 502,2207 | 34,20459 | 0,471878 | 1,22628 |
| 22/09/05 | 10:03:57 | 512 | 436,4434 | 532,2539 | 34,66699 | 0,489584 | 1,221596 |
| 22/09/05 | 10:04:07 | 520 | 454,4551 | 550,7344 | 30,96851 | 0,498857 | 1,218781 |
| 22/09/05 | 10:04:17 | 536 | 472,9297 | 567,3672 | 29,11938 | 0,508129 | 1,216064 |
| 22/09/05 | 10:04:27 | 544 | 490,9414 | 587,6953 | 30,04382 | 0,520065 | 1,212914 |
| 22/09/05 | 10:04:37 | 496 | 512,1836 | 607,5625 | 30,96851 | 0,530769 | 1,20961 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 22/09/05 | 10:04:47 | 504 | 538,5117 | 629,2773 | 32,81763 | 0,542358 | 1,206108 |
| 22/09/05 | 10:04:57 | 520 | 556,9844 | 636,6719 | 28,65698 | 0,550499 | 1,203438 |
| 22/09/05 | 10:05:07 | 528 | 580,0781 | 647,2969 | 28,1947 | 0,559227 | 1,200287 |
| 22/09/05 | 10:05:17 | 536 | 604,0938 | 659,7734 | 27,73242 | 0,575653 | 1,195694 |
| 22/09/05 | 10:05:27 | 488 | 621,6445 | 664,3945 | 26,34558 | 0,578514 | 1,193672 |
| 22/09/05 | 10:05:37 | 504 | 638,2695 | 669,4766 | 28,1947 | 0,585667 | 1,191063 |
| 22/09/05 | 10:05:47 | 512 | 651,6641 | 685,1836 | 22,64722 | 0,598984 | 1,186226 |
| 22/09/05 | 10:05:57 | 520 | 666,9063 | 723,5352 | 19,87341 | 0,612251 | 1,181396 |
| 22/09/05 | 10:06:07 | 536 | 670,5977 | 770,1992 | 14,32574 | 0,617035 | 1,178185 |
| 22/09/05 | 10:06:17 | 544 | 680,7617 | 836,7305 | 10,62738 | 0,631489 | 1,172615 |
| 22/09/05 | 10:06:27 | 496 | 689,9961 | 888,0156 | 7,391266 | 0,642784 | 1,168274 |
| 22/09/05 | 10:06:37 | 504 | 698,7734 | 928,6758 | 5,079773 | 0,653435 | 1,164429 |
| 22/09/05 | 10:06:47 | 520 | 705,6992 | 962,4023 | 4,617462 | 0,657974 | 1,161125 |
| 22/09/05 | 10:06:57 | 528 | 722,7891 | 1004,91 | 6,928955 | 0,670208 | 1,156731 |
| 22/09/05 | 10:07:07 | 536 | 744,957 | 1047,875 | 3,692825 | 0,681847 | 1,152542 |
| 22/09/05 | 10:07:17 | 488 | 770,8203 | 1096,391 | 4,617462 | 0,692795 | 1,147659 |
| 22/09/05 | 10:07:27 | 504 | 788,832 | 1129,656 | 4,155151 | 0,698765 | 1,143806 |
| 22/09/05 | 10:07:37 | 512 | 807,3047 | 1161,07 | 5,542114 | 0,709171 | 1,139862 |
| 22/09/05 | 10:07:47 | 520 | 828,5508 | 1192,953 | 5,079773 | 0,719284 | 1,135719 |
| 22/09/05 | 10:07:57 | 536 | 853,4922 | 1216,977 | 4,155151 | 0,720219 | 1,133255 |
| 22/09/05 | 10:08:07 | 544 | 885,3594 | 1260,875 | 5,542114 | 0,734623 | 1,127777 |
| 22/09/05 | 10:08:17 | 496 | 908,4531 | 1281,203 | 6,004303 | 0,739162 | 1,124969 |
| 22/09/05 | 10:08:27 | 504 | 935,6992 | 1306,617 | 6,466736 | 0,745571 | 1,121567 |
| 22/09/05 | 10:08:37 | 520 | 972,6484 | 1346,352 | 7,391266 | 0,760815 | 1,115051 |
| 22/09/05 | 10:08:47 | 528 | 995,7422 | 1368,523 | 8,778137 | 0,767769 | 1,111504 |
| 22/09/05 | 10:08:57 | 536 | 1019,293 | 1385,617 | 6,004425 | 0,769543 | 1,108589 |
| 22/09/05 | 10:09:07 | 496 | 1047 | 1420,734 | 9,240417 | 0,784489 | 1,102081 |
| 22/09/05 | 10:09:17 | 504 | 1070,555 | 1441,523 | 9,702759 | 0,791641 | 1,097496 |
| 22/09/05 | 10:09:27 | 512 | 1085,336 | 1454 | 10,1651 | 0,794304 | 1,093498 |
| 22/09/05 | 10:09:37 | 520 | 1101,961 | 1470,633 | 9,240417 | 0,800766 | 1,089752 |
| 22/09/05 | 10:09:47 | 536 | 1120,898 | 1483,109 | 10,1651 | 0,805107 | 1,086639 |
| 22/09/05 | 10:09:57 | 544 | 1130,602 | 1494,195 | 8,315796 | 0,809692 | 1,083191 |
| 22/09/05 | 10:10:07 | 496 | 1145,836 | 1502,055 | 8,315918 | 0,812454 | 1,080132 |
| 22/09/05 | 10:10:17 | 504 | 1159,234 | 1517,297 | 8,315796 | 0,822124 | 1,074608 |
| 22/09/05 | 10:10:27 | 520 | 1170,781 | 1522,383 | 9,702759 | 0,821384 | 1,071648 |
| 22/09/05 | 10:10:37 | 528 | 1190,18 | 1545,023 | 8,778137 | 0,829964 | 1,062378 |
| 22/09/05 | 10:10:47 | 536 | 1197,57 | 1539,938 | 9,240417 | 0,825771 | 1,055473 |
| 22/09/05 | 10:10:57 | 488 | 1199,875 | 1536,703 | 11,55194 | 0,824738 | 1,049995 |
| 22/09/05 | 10:11:07 | 504 | 1207,727 | 1538,555 | 10,1651 | 0,827991 | 1,043488 |
| 22/09/05 | 10:11:17 | 512 | 1218,352 | 1545,945 | 9,240417 | 0,831299 | 1,035294 |
| 22/09/05 | 10:11:27 | 520 | 1224,813 | 1552,414 | 10,1651 | 0,837563 | 1,026665 |
| 22/09/05 | 10:11:37 | 536 | 1229,438 | 1551,492 | 8,315796 | 0,833912 | 1,020546 |
| 22/09/05 | 10:11:47 | 544 | 1232,664 | 1548,258 | 6,928955 | 0,823997 | 1,013397 |
| 22/09/05 | 10:11:57 | 496 | 1235,898 | 1544,563 | 7,853485 | 0,825279 | 1,006538 |
| 22/09/05 | 10:12:07 | 504 | 1237,289 | 1546,867 | 4,617462 | 0,828289 | 1,001213 |
| 22/09/05 | 10:12:17 | 520 | 1240,977 | 1549,18 | 7,853607 | 0,834305 | 0,994213 |
| 22/09/05 | 10:12:27 | 528 | 1246,523 | 1552,414 | 7,853607 | 0,838547 | 0,987751 |
| 22/09/05 | 10:12:37 | 536 | 1250,68 | 1552,875 | 8,778137 | 0,840618 | 0,981094 |
| 22/09/05 | 10:12:47 | 496 | 1251,141 | 1550,563 | 6,928955 | 0,840717 | 0,976604 |
| 22/09/05 | 10:12:57 | 504 | 1252,063 | 1548,719 | 6,928955 | 0,837414 | 0,973053 |
| 22/09/05 | 10:13:07 | 512 | 1252,984 | 1541,328 | 5,541992 | 0,826809 | 0,965061 |
| 22/09/05 | 10:13:17 | 520 | 1251,602 | 1538,555 | 4,617462 | 0,825279 | 0,958405 |
| 22/09/05 | 10:13:27 | 536 | 1250,68 | 1537,164 | 6,466644 | 0,825676 | 0,953522 |
| 22/09/05 | 10:13:37 | 544 | 1250,219 | 1537,633 | 8,778137 | 0,826317 | 0,949429 |
| 22/09/05 | 10:13:47 | 496 | 1250,68 | 1531,164 | 4,617462 | 0,820248 | 0,944546 |
| 22/09/05 | 10:13:57 | 504 | 1253,914 | 1535,32 | 5,542114 | 0,823997 | 0,94035 |
| 22/09/05 | 10:14:07 | 520 | 1253,453 | 1535,32 | 7,391266 | 0,822025 | 0,937737 |
| 22/09/05 | 10:14:17 | 528 | 1254,836 | 1539,016 | 7,391266 | 0,830509 | 0,931965 |
| 22/09/05 | 10:14:27 | 536 | 1256,219 | 1537,633 | 7,391266 | 0,829372 | 0,927032 |
| 22/09/05 | 10:14:37 | 488 | 1256,219 | 1539,938 | 8,778137 | 0,835541 | 0,921558 |
| 22/09/05 | 10:14:47 | 504 | 1256,68 | 1541,328 | 6,928955 | 0,835442 | 0,915344 |
| 22/09/05 | 10:14:57 | 512 | 1258,992 | 1540,867 | 4,617462 | 0,835587 | 0,908932 |
| 22/09/05 | 10:15:07 | 520 | 1259,453 | 1541,789 | 5,541992 | 0,836082 | 0,901337 |
| 22/09/05 | 10:15:17 | 536 | 1262,227 | 1544,563 | 8,778137 | 0,833466 | 0,895023 |
| 22/09/05 | 10:15:27 | 544 | 1262,227 | 1544,563 | 6,928955 | 0,834896 | 0,889153 |
| 22/09/05 | 10:15:37 | 496 | 1265,922 | 1544,563 | 9,702759 | 0,836033 | 0,882889 |
| 22/09/05 | 10:15:47 | 504 | 1265,461 | 1544,563 | 7,391266 | 0,834896 | 0,876427 |
| 22/09/05 | 10:15:57 | 520 | 1270,539 | 1552,875 | 9,702759 | 0,850384 | 0,865479 |
| 22/09/05 | 10:16:07 | 528 | 1273,313 | 1554,266 | 9,702759 | 0,854034 | 0,836132 |
| 22/09/05 | 10:16:17 | 536 | 1276,539 | 1548,258 | 6,928955 | 0,843185 | 0,808067 |
| 22/09/05 | 10:16:27 | 488 | 1276,539 | 1547,328 | 8,315796 | 0,839138 | 0,778816 |
| 22/09/05 | 10:16:37 | 504 | 1274,695 | 1543,633 | 7,391266 | 0,83041 | 0,752625 |
| 22/09/05 | 10:16:47 | 512 | 1276,539 | 1543,633 | 7,391266 | 0,832581 | 0,725597 |
| 22/09/05 | 10:16:57 | 520 | 1277,008 | 1544,563 | 6,928955 | 0,834652 | 0,700344 |
| 22/09/05 | 10:17:07 | 536 | 1277,008 | 1543,172 | 8,315796 | 0,828438 | 0,676273 |
| 22/09/05 | 10:17:17 | 544 | 1279,773 | 1545,484 | 6,928955 | 0,835785 | 0,651611 |
| 22/09/05 | 10:17:27 | 496 | 1282,086 | 1552,875 | 5,542114 | 0,837856 | 0,625126 |
| 22/09/05 | 10:17:37 | 504 | 1285,32 | 1554,266 | 7,853607 | 0,84639 | 0,600315 |
| 22/09/05 | 10:17:47 | 520 | 1290,398 | 1556,109 | 5,541992 | 0,847179 | 0,575504 |
| 22/09/05 | 10:17:57 | 528 | 1293,172 | 1562,117 | 7,853607 | 0,85231 | 0,54443 |
| 22/09/05 | 10:18:07 | 536 | 1295,938 | 1561,656 | 6,004425 | 0,851372 | 0,510448 |
| 22/09/05 | 10:18:17 | 488 | 1302,406 | 1563,5 | 8,315796 | 0,856205 | 0,477697 |
| 22/09/05 | 10:18:27 | 504 | 1308,406 | 1567,195 | 7,853607 | 0,857094 | 0,609589 |
| 22/09/05 | 10:18:37 | 512 | 1313,492 | 1575,977 | 9,702759 | 0,869423 | 0,655262 |
| 22/09/05 | 10:18:47 | 520 | 1323,188 | 1581,984 | 10,16498 | 0,872974 | 0,620586 |
| 22/09/05 | 10:18:57 | 536 | 1329,195 | 1569,969 | 7,853607 | 0,867451 | 0,347088 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 22/09/05 | 10:19:07 | 544 | 1337,508 | 1575,055 | 8,315918 | 0,878895 | 0,313894 |
| 22/09/05 | 10:19:17 | 496 | 1346,281 | 1573,203 | 7,853607 | 0,876873 | 0,363909 |
| 22/09/05 | 10:19:27 | 504 | 1350,898 | 1570,898 | 6,928955 | 0,870804 | 0,271673 |
| 22/09/05 | 10:19:37 | 520 | 1355,516 | 1575,516 | 6,466644 | 0,872778 | 0,254459 |
| 22/09/05 | 10:19:47 | 528 | 1356,906 | 1564,891 | 2,768188 | 0,861679 | 0,25214 |
| 22/09/05 | 10:19:57 | 536 | 1355,055 | 1564,891 | 6,004425 | 0,857292 | 0,251844 |
| 22/09/05 | 10:20:07 | 488 | 1353,672 | 1564,891 | 6,004303 | 0,855171 | 0,251844 |
| 22/09/05 | 10:20:17 | 504 | 1355,516 | 1563,039 | 5,079681 | 0,853493 | 0,251598 |
| 22/09/05 | 10:20:27 | 512 | 1358,289 | 1562,117 | 5,542114 | 0,852062 | 0,251499 |
| 22/09/05 | 10:20:37 | 520 | 1356,906 | 1562,578 | 6,004303 | 0,851421 | 0,251499 |
| 22/09/05 | 10:20:47 | 536 | 1357,828 | 1563,5 | 7,853607 | 0,849941 | 0,251402 |
| 22/09/05 | 10:20:57 | 544 | 1357,828 | 1563,039 | 6,004425 | 0,84782 | 0,251402 |
| 22/09/05 | 10:21:07 | 496 | 1356,906 | 1562,578 | 5,542114 | 0,848118 | 0,251303 |
| 22/09/05 | 10:21:17 | 504 | 1357,367 | 1564,891 | 6,004303 | 0,84787 | 0,251352 |
| 22/09/05 | 10:21:27 | 520 | 1358,289 | 1565,813 | 6,928955 | 0,847328 | 0,251303 |
| 22/09/05 | 10:21:37 | 528 | 1359,211 | 1563,5 | 8,315796 | 0,846931 | 0,251352 |
| 22/09/05 | 10:21:47 | 536 | 1359,672 | 1563,039 | 10,62738 | 0,846489 | 0,251303 |
| 22/09/05 | 10:21:57 | 488 | 1357,828 | 1559,805 | 5,079773 | 0,814476 | 0,259243 |
| 22/09/05 | 10:22:07 | 504 | 542,207 | 438,9238 | -16,64819 | 0,006142 | 0,543938 |
| 22/09/05 | 10:22:17 | 512 | 534,8164 | 442,1582 | -15,26141 | 0,004676 | 0,544876 |
| 23/09/05 | 10:02:57 | 504 | 288,6523 | 381,1699 | 41,60132 | 0,405832 | 1,246109 |
| 23/09/05 | 10:03:07 | 520 | 316,8242 | 408,4297 | 42,52588 | 0,418461 | 1,242065 |
| 23/09/05 | 10:03:17 | 528 | 346,8457 | 437,5371 | 43,91284 | 0,436266 | 1,237175 |
| 23/09/05 | 10:03:27 | 536 | 360,7012 | 455,5566 | 38,82764 | 0,446476 | 1,23407 |
| 23/09/05 | 10:03:37 | 488 | 381,9453 | 476,8105 | 36,05371 | 0,460434 | 1,230324 |
| 23/09/05 | 10:03:47 | 504 | 409,6563 | 502,2207 | 34,20459 | 0,471878 | 1,22628 |
| 23/09/05 | 10:03:57 | 512 | 436,4434 | 532,2539 | 34,66699 | 0,489584 | 1,221596 |
| 23/09/05 | 10:04:07 | 520 | 454,4551 | 550,7344 | 30,96851 | 0,498857 | 1,218781 |
| 23/09/05 | 10:04:17 | 536 | 472,9297 | 567,3672 | 29,11938 | 0,508129 | 1,216064 |
| 23/09/05 | 10:04:27 | 544 | 490,9414 | 587,6953 | 30,04382 | 0,520065 | 1,212914 |
| 23/09/05 | 10:04:37 | 496 | 512,1836 | 607,5625 | 30,96851 | 0,530769 | 1,20961 |
| 23/09/05 | 10:04:47 | 504 | 538,5117 | 629,2773 | 32,81763 | 0,542358 | 1,206108 |
| 23/09/05 | 10:04:57 | 520 | 556,9844 | 636,6719 | 28,65698 | 0,550499 | 1,203438 |
| 23/09/05 | 10:05:07 | 528 | 580,0781 | 647,2969 | 28,1947 | 0,559227 | 1,200287 |
| 23/09/05 | 10:05:17 | 536 | 604,0938 | 659,7734 | 27,73242 | 0,575653 | 1,195694 |
| 23/09/05 | 10:05:27 | 488 | 621,6445 | 664,3945 | 26,34558 | 0,578514 | 1,193672 |
| 23/09/05 | 10:05:37 | 504 | 638,2695 | 669,4766 | 28,1947 | 0,585667 | 1,191063 |
| 23/09/05 | 10:05:47 | 512 | 651,6641 | 685,1836 | 22,64722 | 0,598984 | 1,186226 |
| 23/09/05 | 10:05:57 | 520 | 666,9063 | 723,5352 | 19,87341 | 0,612251 | 1,181396 |
| 23/09/05 | 10:06:07 | 536 | 670,5977 | 770,1992 | 14,32574 | 0,617035 | 1,178185 |
| 23/09/05 | 10:06:17 | 544 | 680,7617 | 836,7305 | 10,62738 | 0,631489 | 1,172615 |
| 23/09/05 | 10:06:27 | 496 | 689,9961 | 888,0156 | 7,391266 | 0,642784 | 1,168274 |
| 23/09/05 | 10:06:37 | 504 | 698,7734 | 928,6758 | 5,079773 | 0,653435 | 1,164429 |
| 23/09/05 | 10:06:47 | 520 | 705,6992 | 962,4023 | 4,617462 | 0,657974 | 1,161125 |
| 23/09/05 | 10:06:57 | 528 | 722,7891 | 1004,91 | 6,928955 | 0,670208 | 1,156731 |
| 23/09/05 | 10:07:07 | 536 | 744,957 | 1047,875 | 3,692825 | 0,681847 | 1,152542 |
| 23/09/05 | 10:07:17 | 488 | 770,8203 | 1096,391 | 4,617462 | 0,692795 | 1,147659 |
| 23/09/05 | 10:07:27 | 504 | 788,832 | 1129,656 | 4,155151 | 0,698765 | 1,143806 |
| 23/09/05 | 10:07:37 | 512 | 807,3047 | 1161,07 | 5,542114 | 0,709171 | 1,139862 |
| 23/09/05 | 10:07:47 | 520 | 828,5508 | 1192,953 | 5,079773 | 0,719284 | 1,135719 |
| 23/09/05 | 10:07:57 | 536 | 853,4922 | 1216,977 | 4,155151 | 0,720219 | 1,133255 |
| 23/09/05 | 10:08:07 | 544 | 885,3594 | 1260,875 | 5,542114 | 0,734623 | 1,127777 |
| 23/09/05 | 10:08:17 | 496 | 908,4531 | 1281,203 | 6,004303 | 0,739162 | 1,124969 |
| 23/09/05 | 10:08:27 | 504 | 935,6992 | 1306,617 | 6,466736 | 0,745571 | 1,121567 |
| 23/09/05 | 10:08:37 | 520 | 972,6484 | 1346,352 | 7,391266 | 0,760815 | 1,115051 |
| 23/09/05 | 10:08:47 | 528 | 995,7422 | 1368,523 | 8,778137 | 0,767769 | 1,111504 |
| 23/09/05 | 10:08:57 | 536 | 1019,293 | 1385,617 | 6,004425 | 0,769543 | 1,108589 |
| 23/09/05 | 10:09:07 | 496 | 1047 | 1420,734 | 9,240417 | 0,784489 | 1,102081 |
| 23/09/05 | 10:09:17 | 504 | 1070,555 | 1441,523 | 9,702759 | 0,791641 | 1,097496 |
| 23/09/05 | 10:09:27 | 512 | 1085,336 | 1454 | 10,1651 | 0,794304 | 1,093498 |
| 23/09/05 | 10:09:37 | 520 | 1101,961 | 1470,633 | 9,240417 | 0,800766 | 1,089752 |
| 23/09/05 | 10:09:47 | 536 | 1120,898 | 1483,109 | 10,1651 | 0,805107 | 1,086639 |
| 23/09/05 | 10:09:57 | 544 | 1130,602 | 1494,195 | 8,315796 | 0,809692 | 1,083191 |
| 23/09/05 | 10:10:07 | 496 | 1145,836 | 1502,055 | 8,315918 | 0,812454 | 1,080132 |
| 23/09/05 | 10:10:17 | 504 | 1159,234 | 1517,297 | 8,315796 | 0,822124 | 1,074608 |
| 23/09/05 | 10:10:27 | 520 | 1170,781 | 1522,383 | 9,702759 | 0,821384 | 1,071648 |
| 23/09/05 | 10:10:37 | 528 | 1190,18 | 1545,023 | 8,778137 | 0,829964 | 1,062378 |
| 23/09/05 | 10:10:47 | 536 | 1197,57 | 1539,938 | 9,240417 | 0,825771 | 1,055473 |
| 23/09/05 | 10:10:57 | 488 | 1199,875 | 1536,703 | 11,55194 | 0,824738 | 1,049995 |
| 23/09/05 | 10:11:07 | 504 | 1207,727 | 1538,555 | 10,1651 | 0,827991 | 1,043488 |
| 23/09/05 | 10:11:17 | 512 | 1218,352 | 1545,945 | 9,240417 | 0,831299 | 1,035294 |
| 23/09/05 | 10:11:27 | 520 | 1224,813 | 1552,414 | 10,1651 | 0,837563 | 1,026665 |
| 23/09/05 | 10:11:37 | 536 | 1229,438 | 1551,492 | 8,315796 | 0,833912 | 1,020546 |
| 23/09/05 | 10:11:47 | 544 | 1232,664 | 1548,258 | 6,928955 | 0,823997 | 1,013397 |
| 23/09/05 | 10:11:57 | 496 | 1235,898 | 1544,563 | 7,853485 | 0,825279 | 1,006538 |
| 23/09/05 | 10:12:07 | 504 | 1237,289 | 1546,867 | 4,617462 | 0,828289 | 1,001213 |
| 23/09/05 | 10:12:17 | 520 | 1240,977 | 1549,18 | 7,853607 | 0,834305 | 0,994213 |
| 23/09/05 | 10:12:27 | 528 | 1246,523 | 1552,414 | 7,853607 | 0,838547 | 0,987751 |
| 23/09/05 | 10:12:37 | 536 | 1250,68 | 1552,875 | 8,778137 | 0,840618 | 0,981094 |
| 23/09/05 | 10:12:47 | 496 | 1251,141 | 1550,563 | 6,928955 | 0,840717 | 0,976604 |
| 23/09/05 | 10:12:57 | 504 | 1252,063 | 1548,719 | 6,928955 | 0,837414 | 0,973053 |
| 23/09/05 | 10:13:07 | 512 | 1252,984 | 1541,328 | 5,541992 | 0,826809 | 0,965061 |
| 23/09/05 | 10:13:17 | 520 | 1251,602 | 1538,555 | 4,617462 | 0,825279 | 0,958405 |
| 23/09/05 | 10:13:27 | 536 | 1250,68 | 1537,164 | 6,466644 | 0,825676 | 0,953522 |
| 23/09/05 | 10:13:37 | 544 | 1250,219 | 1537,633 | 8,778137 | 0,826317 | 0,949429 |
| 23/09/05 | 10:13:47 | 496 | 1250,68 | 1531,164 | 4,617462 | 0,820248 | 0,944546 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 23/09/05 | 10:13:57 | 504 | 1253,914 | 1535,32 | 5,542114 | 0,823997 | 0,94035 |
| 23/09/05 | 10:14:07 | 520 | 1253,453 | 1535,32 | 7,391266 | 0,822025 | 0,937737 |
| 23/09/05 | 10:14:17 | 528 | 1254,836 | 1539,016 | 7,391266 | 0,830509 | 0,931965 |
| 23/09/05 | 10:14:27 | 536 | 1256,219 | 1537,633 | 7,391266 | 0,829372 | 0,927032 |
| 23/09/05 | 10:14:37 | 488 | 1256,219 | 1539,938 | 8,778137 | 0,835541 | 0,921558 |
| 23/09/05 | 10:14:47 | 504 | 1256,68 | 1541,328 | 6,928955 | 0,835442 | 0,915344 |
| 23/09/05 | 10:14:57 | 512 | 1258,992 | 1540,867 | 4,617462 | 0,835587 | 0,908932 |
| 23/09/05 | 10:15:07 | 520 | 1259,453 | 1541,789 | 5,541992 | 0,836082 | 0,901337 |
| 23/09/05 | 10:15:17 | 536 | 1262,227 | 1544,563 | 8,778137 | 0,833466 | 0,895023 |
| 23/09/05 | 10:15:27 | 544 | 1262,227 | 1544,563 | 6,928955 | 0,834896 | 0,889153 |
| 23/09/05 | 10:15:37 | 496 | 1265,922 | 1544,563 | 9,702759 | 0,836033 | 0,882889 |
| 23/09/05 | 10:15:47 | 504 | 1265,461 | 1544,563 | 7,391266 | 0,834896 | 0,876427 |
| 23/09/05 | 10:15:57 | 520 | 1270,539 | 1552,875 | 9,702759 | 0,850384 | 0,865479 |
| 23/09/05 | 10:16:07 | 528 | 1273,313 | 1554,266 | 9,702759 | 0,854034 | 0,836132 |
| 23/09/05 | 10:16:17 | 536 | 1276,539 | 1548,258 | 6,928955 | 0,843185 | 0,808067 |
| 23/09/05 | 10:16:27 | 488 | 1276,539 | 1547,328 | 8,315796 | 0,839138 | 0,778816 |
| 23/09/05 | 10:16:37 | 504 | 1274,695 | 1543,633 | 7,391266 | 0,83041 | 0,752625 |
| 23/09/05 | 10:16:47 | 512 | 1276,539 | 1543,633 | 7,391266 | 0,832581 | 0,725597 |
| 23/09/05 | 10:16:57 | 520 | 1277,008 | 1544,563 | 6,928955 | 0,834652 | 0,700344 |
| 23/09/05 | 10:17:07 | 536 | 1277,008 | 1543,172 | 8,315796 | 0,828438 | 0,676273 |
| 23/09/05 | 10:17:17 | 544 | 1279,773 | 1545,484 | 6,928955 | 0,835785 | 0,651611 |
| 23/09/05 | 10:17:27 | 496 | 1282,086 | 1552,875 | 5,542114 | 0,837856 | 0,625126 |
| 23/09/05 | 10:17:37 | 504 | 1285,32 | 1554,266 | 7,853607 | 0,84639 | 0,600315 |
| 23/09/05 | 10:17:47 | 520 | 1290,398 | 1556,109 | 5,541992 | 0,847179 | 0,575504 |
| 23/09/05 | 10:17:57 | 528 | 1293,172 | 1562,117 | 7,853607 | 0,85231 | 0,54443 |
| 23/09/05 | 10:18:07 | 536 | 1295,938 | 1561,656 | 6,004425 | 0,851372 | 0,510448 |
| 23/09/05 | 10:18:17 | 488 | 1302,406 | 1563,5 | 8,315796 | 0,856205 | 0,477697 |

B.4. EMBUTIDOS COM FAIXA COLABORANTE

Resultados Viga 12

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2C | Fibra 1C | Fibra 3A | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 08/07/05 | 10:38:08 | 496 | -12,45758 | -0,001541 | -0,920891 | -2,76915 | -1,374039 | 0,011666 | 0,486526 |
| 07/08/05 | 10:38:18 | 504 | 146,7217 | 144,8633 | 22,60352 | 21,22815 | 26,2041 | 0,118426 | 0,538712 |
| 07/08/05 | 10:38:28 | 456 | 146,7217 | 148,0928 | 19,83594 | 21,22815 | 21,14844 | 0,127129 | 0,544186 |
| 07/08/05 | 10:38:33 | 456 | 205,7793 | 190,999 | 22,60352 | 23,0741 | 25,28503 | 0,137952 | 0,554935 |
| 07/08/05 | 10:38:38 | 464 | 243,6133 | 232,5205 | 23,9873 | 27,68896 | 28,50256 | 0,149795 | 0,563225 |
| 07/08/05 | 10:38:48 | 472 | 297,1348 | 270,8125 | 31,36755 | 37,84155 | 40,9126 | 0,166322 | 0,574814 |
| 07/08/05 | 10:38:58 | 480 | 355,7305 | 292,4961 | 30,90625 | 31,38098 | 31,71997 | 0,174518 | 0,585419 |
| 07/08/05 | 10:39:09 | 488 | 442,4727 | 344,6289 | 32,29004 | 41,53345 | 40,45288 | 0,19227 | 0,600117 |
| 07/08/05 | 10:39:19 | 496 | 476,6152 | 375,541 | 35,05762 | 67,37646 | 45,04932 | 0,20159 | 0,608059 |
| 07/08/05 | 10:39:29 | 504 | 524,1367 | 411,9883 | 40,13159 | 101,5269 | 51,02466 | 0,214434 | 0,620193 |
| 07/08/05 | 10:39:39 | 456 | 594,7305 | 464,1211 | 47,05054 | 148,1367 | 62,9751 | 0,236654 | 0,636024 |
| 07/08/05 | 10:39:49 | 472 | 632,5625 | 495,9551 | 50,2793 | 197,0547 | 65,27344 | 0,248788 | 0,647072 |
| 07/08/05 | 10:39:59 | 480 | 713,3086 | 546,7031 | 61,81104 | 335,0391 | 80,44141 | 0,268616 | 0,663548 |
| 07/08/05 | 10:40:09 | 488 | 742,375 | 585,918 | 60,42725 | 481,793 | 70,78906 | 0,283556 | 0,678394 |
| 07/08/05 | 10:40:19 | 504 | 794,9727 | 627,4375 | 67,34619 | 582,8555 | 70,78857 | 0,301414 | 0,691364 |
| 07/08/05 | 10:40:29 | 456 | 806,5078 | 635,2813 | 85,33545 | 655,3125 | 84,57813 | 0,301662 | 0,697285 |
| 07/08/05 | 10:40:39 | 472 | 818,043 | 651,4297 | 86,71924 | 681,6172 | 84,57813 | 0,308813 | 0,701279 |
| 07/08/05 | 10:40:49 | 472 | 873,4102 | 692,9531 | 89,94775 | 771,6055 | 87,79541 | 0,325584 | 0,715832 |
| 07/08/05 | 10:40:59 | 488 | 926,0078 | 751,543 | 101,0181 | 908,207 | 100,2056 | 0,346743 | 0,732204 |
| 07/08/05 | 10:41:09 | 496 | 983,2188 | 786,6055 | 110,2437 | 998,1953 | 96,06934 | 0,358976 | 0,744095 |
| 07/08/05 | 10:41:19 | 504 | 1025,664 | 828,1289 | 112,5498 | 1145,867 | 91,01318 | 0,377028 | 0,759136 |
| 07/08/05 | 10:41:29 | 456 | 1087,031 | 873,8047 | 122,6978 | 1307,852 | 97,90771 | 0,396955 | 0,775215 |
| 07/08/05 | 10:41:39 | 472 | 1117,484 | 899,6406 | 125,0039 | 1450,914 | 89,1748 | 0,409878 | 0,787647 |
| 07/08/05 | 10:41:49 | 480 | 1140,555 | 916,7109 | 128,2324 | 1553,828 | 86,87646 | 0,418558 | 0,797165 |
| 07/08/05 | 10:41:59 | 488 | 1190,844 | 957,3086 | 142,5322 | 1686,273 | 89,1748 | 0,438387 | 0,81443 |
| 07/08/05 | 10:42:09 | 504 | 1225,445 | 983,1445 | 163,2891 | 1781,336 | 95,60938 | 0,450373 | 0,825871 |
| 07/08/05 | 10:42:19 | 456 | 1252,211 | 1008,52 | 179,8945 | 1868,563 | 97,90771 | 0,4629 | 0,836525 |
| 07/08/05 | 10:42:29 | 464 | 1282,664 | 1032,047 | 181,2783 | 1964,547 | 89,63428 | 0,472765 | 0,848858 |
| 07/08/05 | 10:42:39 | 472 | 1349,102 | 1074,031 | 201,1123 | 2093,297 | 103,4233 | 0,495405 | 0,867992 |
| 07/08/05 | 10:42:49 | 488 | 1365,25 | 1093,406 | 213,5664 | 2170,828 | 96,06885 | 0,505219 | 0,877808 |
| 07/08/05 | 10:42:59 | 496 | 1374,938 | 1113,242 | 226,9434 | 2222,984 | 91,93262 | 0,517502 | 0,890533 |
| 07/08/05 | 10:43:09 | 504 | 1402,164 | 1134,469 | 247,2393 | 2297,281 | 100,6655 | 0,529831 | 0,903111 |
| 07/08/05 | 10:43:19 | 456 | 1437,227 | 1161,227 | 275,8359 | 2387,266 | 102,0444 | 0,547192 | 0,917858 |
| 07/08/05 | 10:43:29 | 472 | 1460,297 | 1182,906 | 285,0625 | 2476,797 | 95,60986 | 0,557747 | 0,929794 |
| 07/08/05 | 10:43:39 | 480 | 1483,367 | 1199,977 | 297,9766 | 2534,484 | 102,9634 | 0,567417 | 0,941437 |
| 07/08/05 | 10:43:49 | 488 | 1507,359 | 1218,43 | 306,2793 | 2604,625 | 105,7212 | 0,583839 | 0,956333 |
| 07/08/05 | 10:43:59 | 504 | 1543,344 | 1251,188 | 317,8125 | 2739,844 | 107,1006 | 0,603027 | 0,976505 |
| 07/08/05 | 10:44:10 | 496 | 1562,727 | 1265,492 | 319,6563 | 2831,219 | 99,28613 | 0,611809 | 0,989281 |
| 07/08/05 | 10:44:20 | 456 | 1580,719 | 1279,336 | 330,7266 | 2951,203 | 102,0444 | 0,619797 | 1,001808 |
| 07/08/05 | 10:44:30 | 464 | 1619,016 | 1313,469 | 327,959 | 3119,656 | 102,5039 | 0,637306 | 1,019958 |
| 07/08/05 | 10:44:40 | 472 | 1640,695 | 1319,469 | 320,1172 | 3253,016 | 83,65869 | 0,644707 | 1,035591 |
| 07/08/05 | 10:44:50 | 480 | 1684,07 | 1339,773 | 324,2695 | 3404,844 | 83,19922 | 0,660488 | 1,052261 |
| 07/08/05 | 10:45:00 | 496 | 1695,602 | 1332,852 | 320,1172 | 3490,688 | 78,14307 | 0,670452 | 1,066963 |
| 07/08/05 | 10:45:10 | 504 | 1715,906 | 1308,859 | 326,5762 | 3567,297 | 78,14307 | 0,678394 | 1,082207 |
| 07/08/05 | 10:45:20 | 464 | 1715,906 | 1237,352 | 334,418 | 3624,984 | 77,68311 | 0,687321 | 1,097496 |
| 07/08/05 | 10:45:30 | 472 | 1732,977 | 1223,047 | 340,875 | 3721,438 | 78,60303 | 0,698273 | 1,116432 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 07/08/05 | 10:45:40 | 480 | 1741,281 | 1211,055 | 346,8711 | 3770,344 | 76,76465 | 0,699356 | 1,126495 |
| 07/08/05 | 10:45:50 | 488 | 1772,656 | 1216,125 | 357,9414 | 3867,266 | 84,11865 | 0,714451 | 1,141884 |
| 07/08/05 | 10:46:00 | 496 | 1784,188 | 1204,594 | 369,0117 | 3963,25 | 79,0625 | 0,727867 | 1,158707 |
| 07/08/05 | 10:46:10 | 456 | 1797,109 | 1196,75 | 377,3145 | 4020,016 | 79,52197 | 0,738964 | 1,171135 |
| 07/08/05 | 10:46:20 | 464 | 1822,945 | 1177,836 | 395,3047 | 4137,219 | 81,36084 | 0,755386 | 1,19165 |
| 07/08/05 | 10:46:30 | 472 | 1835,406 | 1168,148 | 419,2891 | 4182,438 | 85,0376 | 0,763577 | 1,205414 |
| 07/08/05 | 10:46:40 | 480 | 1617,633 | 1086,023 | 442,8145 | 396,416 | 88,71484 | 0,748287 | 1,235451 |
| 07/08/05 | 10:46:50 | 496 | 1589,945 | 1080,023 | 446,5039 | 203,5156 | 87,79541 | 0,747791 | 1,241867 |
| 07/08/05 | 10:47:00 | 504 | 1602,867 | 1087,867 | 455,7305 | 126,9087 | 90,09424 | 0,761059 | 1,256714 |
| 07/08/05 | 10:47:10 | 456 | 1623,164 | 1082,336 | 461,2656 | -49,84082 | 87,33594 | 0,777584 | 1,276535 |
| 07/08/05 | 10:47:20 | 472 | 1548,422 | 1035,273 | 477,4082 | -194,2861 | 94,23047 | 0,753811 | 1,296173 |
| 07/08/05 | 10:47:30 | 480 | 1272,969 | 799,9844 | 1342,273 | -607,3164 | 94,23047 | 0,615311 | 1,343323 |
| 07/08/05 | 10:47:40 | 488 | 1257,281 | 783,8398 | 1586,75 | -668,2344 | 93,31152 | 0,607468 | 1,367249 |
| 07/08/05 | 10:47:50 | 496 | 851,7227 | 485,8047 | 1986,203 | -717,1484 | 65,73291 | 0,426401 | 1,444191 |
| 07/08/05 | 10:48:00 | 456 | 846,6484 | 484,8809 | 2022,641 | -705,6133 | 61,59644 | 0,424034 | 1,445076 |
| 07/08/05 | 10:48:10 | 464 | 852,1836 | 482,5742 | 2043,398 | -703,3047 | 74,00635 | 0,425119 | 1,445572 |
| 07/08/05 | 10:48:20 | 472 | 842,0352 | 480,2676 | 2050,313 | -700,5352 | 61,59668 | 0,423491 | 1,44606 |
| 07/08/05 | 10:48:30 | 488 | 838,3438 | 481,6523 | 2059,078 | -4427,969 | 59,75781 | 0,423441 | 1,447639 |
| 07/08/05 | 10:48:40 | 496 | -21,6853 | -240,3672 | 1080,281 | -2067,453 | -15,16315 | 0,001772 | 0,919193 |
| 07/08/05 | 10:48:50 | 504 | -23,99231 | -240,3672 | 1066,898 | -2064,234 | -14,24384 | 0,001458 | 0,917858 |

Resultados Viga 13

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 1C | Fibra 3A | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flacha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 12/07/05 | 10:34:34 | 496 | -2,762833 | 1,385155 | 0,921036 | 6,443115 | -0,001091 | 0,717754 |
| 07/12/05 | 10:34:44 | 496 | 42,87061 | 2,769592 | 0,459721 | 4,60376 | 0,037343 | 0,746708 |
| 07/12/05 | 10:34:54 | 512 | 284,8672 | 10,61487 | 3,227814 | 9,661865 | 0,128633 | 0,798645 |
| 07/12/05 | 10:34:59 | 512 | 358,6191 | 19,38306 | 4,150482 | 12,42065 | 0,154201 | 0,812851 |
| 07/12/05 | 10:35:04 | 520 | 391,3457 | 15,22974 | -0,001679 | 8,282227 | 0,15887 | 0,817883 |
| 07/12/05 | 10:35:14 | 528 | 582,6367 | 17,53711 | 5,534546 | 8,282349 | 0,20387 | 0,851322 |
| 07/12/05 | 10:35:24 | 480 | 751,8047 | 54,91748 | 20,75903 | 20,23755 | 0,254311 | 0,888313 |
| 07/12/05 | 10:35:34 | 496 | 940,793 | 155,5215 | 41,05859 | 70,35742 | 0,301414 | 0,927971 |
| 07/12/05 | 10:35:44 | 504 | 1015,004 | 234,8975 | 47,97876 | 102,0854 | 0,32435 | 0,946568 |
| 07/12/05 | 10:35:54 | 512 | 1083,688 | 321,1953 | 60,89673 | 161,8613 | 0,343586 | 0,964718 |
| 07/12/05 | 10:36:04 | 464 | 1079,539 | 334,1172 | 62,28076 | 169,6787 | 0,341219 | 0,964569 |
| 07/12/05 | 10:36:14 | 480 | 1161,125 | 383,0352 | 69,20068 | 193,5889 | 0,370369 | 0,981785 |
| 07/12/05 | 10:36:24 | 488 | 1252,852 | 687,6172 | 85,80957 | 419,3594 | 0,39222 | 1,003036 |
| 07/12/05 | 10:36:34 | 496 | 1405,422 | 1080,805 | 113,4907 | 810,2031 | 0,436562 | 1,038605 |
| 07/12/05 | 10:36:44 | 512 | 1497,156 | 1232,172 | 187,7676 | 987,6953 | 0,463886 | 1,06292 |
| 07/12/05 | 10:36:54 | 520 | 1532,648 | 1268,164 | 208,9902 | 1045,172 | 0,473555 | 1,07254 |
| 07/12/05 | 10:37:04 | 528 | 1574,594 | 1310,164 | 233,9033 | 1110,008 | 0,484406 | 1,083435 |
| 07/12/05 | 10:37:14 | 488 | 1640,047 | 1366,922 | 269,8887 | 1185,875 | 0,506058 | 1,097939 |
| 07/12/05 | 10:37:24 | 496 | 1719,789 | 1418,148 | 320,1758 | 1249,328 | 0,524998 | 1,114662 |
| 07/12/05 | 10:37:34 | 504 | 1754,82 | 1458,297 | 371,3848 | 1314,625 | 0,53067 | 1,122795 |
| 07/12/05 | 10:37:44 | 568 | 1811,055 | 1518,75 | 408,7559 | 1424,984 | 0,55188 | 1,138824 |
| 07/12/05 | 10:37:55 | 792 | 1877,438 | 1581,977 | 461,3496 | 1522 | 0,57008 | 1,156189 |
| 07/12/05 | 10:38:06 | 512 | 1912,93 | 1636,43 | 510,7129 | 1620,867 | 0,581326 | 1,167778 |
| 07/12/05 | 10:38:16 | 464 | 1964,555 | 1689,5 | 556,3867 | 1699,953 | 0,599228 | 1,180206 |
| 07/12/05 | 10:38:26 | 480 | 1994,516 | 1721,344 | 590,5273 | 1776,281 | 0,604458 | 1,188049 |
| 07/12/05 | 10:38:36 | 488 | 2030,93 | 1765,648 | 626,9727 | 1858,133 | 0,615654 | 1,198708 |
| 07/12/05 | 10:38:46 | 496 | 2095,922 | 1848,719 | 680,4883 | 1979,984 | 0,638046 | 1,21656 |
| 07/12/05 | 10:38:56 | 512 | 2124,031 | 1907,328 | 717,8594 | 2079,297 | 0,639626 | 1,224106 |
| 07/12/05 | 10:39:06 | 520 | 2145,234 | 1953,477 | 737,2344 | 2157,469 | 0,650921 | 1,231262 |
| 07/12/05 | 10:39:16 | 472 | 2187,641 | 2027,773 | 774,6055 | 2335,422 | 0,664635 | 1,242752 |
| 07/12/05 | 10:39:26 | 480 | 2238,344 | 2106,219 | 811,9766 | 4502,531 | 0,675434 | 1,253998 |
| 07/12/05 | 10:39:36 | 496 | 2271,547 | 2207,75 | 871,9492 | 0 | 0,684906 | 1,265289 |
| 07/12/05 | 10:39:46 | 504 | 2306,109 | 2307,891 | 891,7891 | 0 | 0,698566 | 1,277573 |
| 07/12/05 | 10:39:56 | 512 | 2356,359 | 2464,344 | 956,8398 | 0 | 0,71233 | 1,294594 |
| 07/12/05 | 10:40:06 | 472 | 2392,313 | 2585,25 | 1050,031 | 0 | 0,72821 | 1,310966 |
| 07/12/05 | 10:40:16 | 480 | 2412,125 | 2674,313 | 1101,242 | 0 | 0,736942 | 1,322357 |
| 07/12/05 | 10:40:26 | 488 | 2430,563 | 2727,844 | 1134 | 0 | 0,746262 | 1,33094 |
| 07/12/05 | 10:40:36 | 496 | 2493,719 | 2827,531 | 1213,813 | 0 | 0,761009 | 1,346581 |
| 07/12/05 | 10:40:46 | 512 | 2506,156 | 2893,984 | 1267,789 | 0 | 0,77364 | 1,358368 |
| 07/12/05 | 10:40:56 | 520 | 2521,828 | 2942,438 | 1306,078 | 0 | 0,777683 | 1,365768 |
| 07/12/05 | 10:41:06 | 472 | 2593,734 | 3035,203 | 1369,289 | 0 | 0,796474 | 1,382782 |
| 07/12/05 | 10:41:16 | 480 | 2628,766 | 3147,344 | 1454,633 | 0 | 0,813343 | 1,402908 |
| 07/12/05 | 10:41:26 | 496 | 2650,438 | 3242,875 | 1522,453 | 0 | 0,828487 | 1,420906 |
| 07/12/05 | 10:41:36 | 504 | 2707,594 | 3343,938 | 1610,57 | 0 | 0,836426 | 1,441277 |
| 07/12/05 | 10:41:46 | 512 | 2688,234 | 3678,516 | 1706,992 | 0 | 0,809643 | 1,448532 |
| 07/12/05 | 10:41:56 | 464 | 2685,469 | 3678,969 | 1746,211 | 0 | 0,808952 | 1,4506 |
| 07/12/05 | 10:42:06 | 480 | 2717,734 | 3725,125 | 1780,813 | 0 | 0,823948 | 1,46096 |
| 07/12/05 | 10:42:16 | 488 | 2792,406 | 3830,797 | 1852,781 | 0 | 0,847721 | 1,479309 |
| 07/12/05 | 10:42:26 | 496 | 2816,844 | 3940,641 | 1936,289 | 0 | 0,864887 | 1,497162 |
| 07/12/05 | 10:42:36 | 512 | 1326,141 | 3953,563 | 1902,609 | 0 | 0,865726 | 1,525818 |
| 07/12/05 | 10:42:46 | 576 | -232,3135 | 3876,484 | 1514,148 | 0 | 0,856697 | 1,560936 |
| 07/12/05 | 10:42:56 | 472 | -273,3379 | 3726,5 | 1416,805 | 0 | 0,846539 | 1,564438 |
| 07/12/05 | 10:43:06 | 480 | -302,377 | 3632,828 | 1271,477 | 0 | 0,852112 | 1,57618 |
| 07/12/05 | 10:43:16 | 496 | -315,7441 | 3515,609 | 1092,477 | 0 | 0,850979 | 1,583923 |
| 07/12/05 | 10:43:26 | 504 | -313,4395 | 3482,375 | 1080,938 | 0 | 0,856995 | 1,590187 |
| 07/12/05 | 10:43:36 | 512 | -312,0566 | 3442,688 | 1039,883 | 0 | 0,872135 | 1,609032 |
| 07/12/05 | 10:43:46 | 464 | -295,9238 | 3385 | 1001,59 | 0 | 0,883678 | 1,629448 |
| 07/12/05 | 10:43:56 | 480 | -303,2988 | 3358,234 | 984,0586 | 0 | 0,904148 | 1,655396 |
| 07/12/05 | 10:44:06 | 488 | -298,2285 | 3349,469 | 985,9063 | 0 | 0,904049 | 1,676056 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|-----------|----------|---|-----------|----------|
| 07/12/05 | 10:44:16 | 496 | -299,6113 | 3339,313 | 973,9102 | 0 | 0,9221 | 1,709793 |
| 07/12/05 | 10:44:26 | 512 | -305,6035 | 3360,547 | 962,8359 | 0 | 0,934135 | 1,735542 |
| 07/12/05 | 10:44:36 | 520 | -300,0723 | 3372,547 | 960,0703 | 0 | 0,94035 | 1,754288 |
| 07/12/05 | 10:44:46 | 472 | -293,1582 | 3385,469 | 965,6055 | 0 | 0,94632 | 1,770958 |
| 07/12/05 | 10:44:56 | 480 | -304,6816 | 3405,766 | 961,4531 | 0 | 0,957912 | 1,792465 |
| 07/12/05 | 10:45:06 | 496 | -308,3691 | 3447,766 | 960,0703 | 0 | 0,97261 | 1,822502 |
| 07/12/05 | 10:45:16 | 504 | -314,8223 | 3463,922 | 965,6055 | 0 | 0,982327 | 1,851555 |
| 07/12/05 | 10:45:26 | 512 | -320,8145 | 3479,609 | 985,9063 | 0 | 0,98114 | 1,871086 |
| 07/12/05 | 10:45:36 | 464 | -320,3535 | 3499 | 989,1328 | 0 | 0,973892 | 1,888542 |
| 07/12/05 | 10:45:46 | 480 | -318,5098 | 3470,844 | 996,9766 | 0 | 0,973991 | 1,905365 |
| 07/12/05 | 10:45:56 | 488 | -325,4238 | 3457 | 1000,207 | 0 | 0,97187 | 1,919228 |
| 07/12/05 | 10:46:06 | 496 | -324,041 | 3450,531 | 993,2852 | 0 | 0,96077 | 1,92292 |
| 07/12/05 | 10:46:16 | 512 | -329,5723 | 3445,453 | 992,8242 | 0 | 0,955246 | 1,921097 |
| 07/12/05 | 10:46:26 | 576 | -338,3301 | 3424,234 | 989,5938 | 0 | 0,953472 | 0,982178 |
| 07/12/05 | 10:46:36 | 472 | -323,1191 | 3432,078 | 992,8242 | 0 | 0,951054 | 1,392349 |
| 07/12/05 | 10:46:46 | 480 | -324,9629 | 3424,234 | 993,2852 | 0 | 0,948292 | 0,368101 |
| 07/12/05 | 10:46:56 | 544 | -319,8926 | 3410,844 | 987,2891 | 0 | 0,962105 | 0,374809 |
| 07/12/05 | 10:47:06 | 504 | -339,7129 | -583,3164 | 228,3672 | 0 | 0,151958 | 0,592869 |
| 07/12/05 | 10:47:16 | 512 | -241,9941 | -567,6289 | 234,8262 | 0 | 0,152115 | 0,593952 |
| 07/12/05 | 10:47:26 | 472 | -453,5684 | -575,9336 | 238,0557 | 0 | 0,154074 | 0,594151 |
| 07/12/05 | 10:47:36 | 480 | -462,3262 | -567,6289 | 237,5938 | 0 | 0,154435 | 0,59425 |
| 07/12/05 | 10:47:46 | 488 | -350,7773 | -570,3945 | 240,8232 | 0 | 0,154015 | 0,594742 |
| 07/12/05 | 10:47:56 | 496 | -462,3262 | -572,2422 | 239,4395 | 0 | 0,154845 | 0,595184 |
| 07/12/05 | 10:48:06 | 512 | -348,9336 | -576,8555 | 240,8232 | 0 | 0,154181 | 0,595333 |
| 07/12/05 | 10:48:16 | 520 | -462,3262 | -568,5508 | 240,8232 | 0 | 0,154547 | 0,595333 |
| 07/12/05 | 10:48:26 | 472 | -249,8301 | -568,5508 | 244,5146 | 0 | 0,153351 | 0,595776 |
| 07/12/05 | 10:48:36 | 480 | -438,3555 | -571,7813 | 244,0527 | 0 | 0,154634 | 0,595333 |
| 07/12/05 | 10:48:46 | 496 | -287,627 | -571,3203 | 246,8213 | 0 | 0,154342 | 0,595531 |
| 07/12/05 | 10:48:56 | 504 | -259,9707 | -572,2422 | 211,2969 | 0 | -0,001193 | 0,41254 |

Resultados Viga 14

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 1C | Fibra 3A | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 14/07/05 | 10:09:32 | 496 | 2,306671 | 0,464294 | 0,000412 | 0 | -0,000627 | 0,399618 |
| 14/07/05 | 10:09:42 | 504 | 31,37183 | 3,229111 | 1,382973 | 2,297287 | 0,030232 | 0,420187 |
| 14/07/05 | 10:09:52 | 512 | 85,34961 | 5,072357 | 6,913239 | 3,216476 | 0,05913 | 0,441544 |
| 14/07/05 | 10:09:57 | 520 | 211,7598 | 8,298035 | 13,82605 | 5,054169 | 0,121112 | 0,481544 |
| 14/07/05 | 10:10:02 | 520 | 232,0596 | 11,52362 | 11,9826 | 3,216034 | 0,126122 | 0,485687 |
| 14/07/05 | 10:10:12 | 480 | 264,8145 | 9,219604 | 16,59119 | 4,135223 | 0,137913 | 0,494566 |
| 14/07/05 | 10:10:22 | 488 | 280,9629 | 12,44525 | 17,052 | 5,053741 | 0,142269 | 0,498117 |
| 14/07/05 | 10:10:32 | 552 | 296,6484 | 10,60211 | 22,12146 | 5,054169 | 0,146728 | 0,502064 |
| 14/07/05 | 10:10:42 | 504 | 338,1699 | 12,44525 | 15,20862 | 1,837708 | 0,163221 | 0,511829 |
| 14/07/05 | 10:10:52 | 568 | 368,1582 | 11,06281 | 20,27795 | 0,459591 | 0,169448 | 0,517155 |
| 14/07/05 | 10:11:02 | 528 | 430,9023 | 10,14124 | 23,04309 | 5,972931 | 0,185804 | 0,530228 |
| 14/07/05 | 10:11:12 | 480 | 467,3477 | 12,44525 | 23,04309 | 0,459372 | 0,193481 | 0,536491 |
| 14/07/05 | 10:11:22 | 488 | 527,7852 | 16,13171 | 22,58228 | -1,838142 | 0,208739 | 0,548428 |
| 14/07/05 | 10:11:32 | 560 | 577,1484 | 20,73987 | 35,48608 | -1,378334 | 0,22526 | 0,559574 |
| 14/07/05 | 10:11:42 | 512 | 601,6016 | 23,96558 | 46,08594 | 0,459372 | 0,22891 | 0,564754 |
| 14/07/05 | 10:11:52 | 520 | 664,8047 | 33,64258 | 64,52002 | 11,94586 | 0,248443 | 0,576984 |
| 14/07/05 | 10:12:02 | 480 | 712,3242 | 35,94653 | 68,20703 | 0 | 0,262548 | 0,589413 |
| 14/07/05 | 10:12:12 | 488 | 755,2305 | 50,23169 | 82,9541 | 8,270203 | 0,272659 | 0,598492 |
| 14/07/05 | 10:12:22 | 496 | 817,5117 | 99,07764 | 100,4668 | 12,86481 | 0,288937 | 0,612694 |
| 14/07/05 | 10:12:32 | 504 | 871,0313 | 136,8633 | 128,5791 | 24,81116 | 0,305904 | 0,626308 |
| 14/07/05 | 10:12:42 | 512 | 921,7773 | 176,9541 | 154,3867 | 39,51367 | 0,323759 | 0,638687 |
| 14/07/05 | 10:12:52 | 528 | 980,3711 | 219,3486 | 183,4209 | 41,81079 | 0,343094 | 0,653484 |
| 14/07/05 | 10:13:02 | 480 | 1055,109 | 290,7734 | 222,1328 | 70,29736 | 0,366817 | 0,672131 |
| 14/07/05 | 10:13:12 | 488 | 1127,539 | 374,6406 | 260,3828 | 93,27051 | 0,38275 | 0,68885 |
| 14/07/05 | 10:13:22 | 504 | 1156,602 | 455,2832 | 288,9551 | 137,3779 | 0,389999 | 0,696693 |
| 14/07/05 | 10:13:33 | 80 | 1199,508 | 545,1406 | 334,1191 | 194,3516 | 0,403515 | 0,706951 |
| 14/07/05 | 10:13:43 | 512 | 1251,18 | 753,4258 | 372,3711 | 362,0547 | 0,419102 | 0,720024 |
| 14/07/05 | 10:13:53 | 520 | 1301,93 | 893,0508 | 402,3262 | 498,0547 | 0,434341 | 0,73349 |
| 14/07/05 | 10:14:03 | 472 | 1334,227 | 983,832 | 434,125 | 613,8398 | 0,4447 | 0,743797 |
| 14/07/05 | 10:14:13 | 488 | 1398,813 | 1099,031 | 486,2031 | 755,3516 | 0,464725 | 0,760273 |
| 14/07/05 | 10:14:23 | 496 | 1456,945 | 1253,406 | 557,6328 | 956,5977 | 0,480658 | 0,777237 |
| 14/07/05 | 10:14:33 | 512 | 1482,781 | 1348,328 | 607,4063 | 1104,086 | 0,485836 | 0,78434 |
| 14/07/05 | 10:14:43 | 520 | 1536,758 | 1465,375 | 682,0664 | 0 | 0,500187 | 0,796722 |
| 14/07/05 | 10:14:53 | 536 | 1563,516 | 1501,781 | 722,1602 | 0 | 0,514343 | 0,812752 |
| 14/07/05 | 10:15:03 | 536 | 1600,422 | 1536,344 | 778,8438 | 0 | 0,524109 | 0,822617 |
| 14/07/05 | 10:15:13 | 488 | 1637,336 | 1577,813 | 845,207 | 0 | 0,533581 | 0,831493 |
| 14/07/05 | 10:15:23 | 504 | 1666,859 | 1609,609 | 915,2578 | 0 | 0,545219 | 0,840916 |
| 14/07/05 | 10:15:33 | 512 | 1699,617 | 1646,016 | 984,8477 | 0 | 0,555183 | 0,850533 |
| 14/07/05 | 10:15:43 | 520 | 1735,602 | 1704,539 | 1075,633 | 0 | 0,566479 | 0,860744 |
| 14/07/05 | 10:15:53 | 472 | 1788,656 | 1799 | 1167,344 | 0 | 0,582359 | 0,876331 |
| 14/07/05 | 10:16:03 | 488 | 1876,773 | 1878,266 | 1273,805 | 0 | 0,592323 | 0,894726 |
| 14/07/05 | 10:16:13 | 552 | 1878,617 | 1902,227 | 1334,633 | 0 | 0,599133 | 0,901386 |
| 14/07/05 | 10:16:23 | 504 | 1925,68 | 1980,102 | 1389,016 | 0 | 0,614571 | 0,914951 |
| 14/07/05 | 10:16:33 | 520 | 1992,57 | 2086,078 | 1488,563 | 0 | 0,63129 | 0,93256 |
| 14/07/05 | 10:16:43 | 528 | 1993,031 | 2134,016 | 1554,922 | 0 | 0,631439 | 0,942619 |
| 14/07/05 | 10:16:53 | 480 | 1957,508 | 2166,266 | 1582,117 | 0 | 0,644657 | 0,955837 |
| 14/07/05 | 10:17:03 | 488 | 1963,969 | 2219,719 | 1632,352 | 0 | 0,654522 | 0,966248 |
| 14/07/05 | 10:17:13 | 504 | 1988,422 | 2336,766 | 1731,891 | 0 | 0,670551 | 0,983067 |
| 14/07/05 | 10:17:23 | 512 | 1999,031 | 2416,031 | 1798,719 | 0 | 0,680958 | 0,996433 |
| 14/07/05 | 10:17:33 | 520 | 1988,422 | 2480,078 | 1860,008 | 0 | 0,691269 | 1,0093 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14/07/05 | 10:17:43 | 472 | 1993,5 | 2569,016 | 1945,266 | 0 | 0,700394 | 1,022575 |
| 14/07/05 | 10:17:53 | 488 | 2000,875 | 2654,266 | 2003,336 | 0 | 0,7071 | 1,032883 |
| 14/07/05 | 10:18:03 | 496 | 2001,336 | 2729,844 | 2053,109 | 0 | 0,712921 | 1,041016 |
| 14/07/05 | 10:18:13 | 504 | 1899,383 | 2822,922 | 2120,844 | 0 | 0,72456 | 1,054878 |
| 14/07/05 | 10:18:23 | 520 | 1797,422 | 2886,516 | 2155,875 | 0 | 0,731369 | 1,064148 |
| 14/07/05 | 10:18:33 | 528 | 1716,688 | 2956,094 | 2202,891 | 0 | 0,738075 | 1,074265 |
| 14/07/05 | 10:18:43 | 480 | 1664,094 | 3009,547 | 2241,141 | 0 | 0,740047 | 1,080185 |
| 14/07/05 | 10:18:53 | 488 | 508,4082 | 2959,781 | 2125,922 | 0 | 0,734276 | 1,102036 |
| 14/07/05 | 10:19:03 | 504 | 364,9277 | 2919,234 | 2055,875 | 0 | 0,739506 | 1,117126 |
| 14/07/05 | 10:19:13 | 512 | 85,34961 | 2761,641 | 1930,063 | 0 | 0,732552 | 1,131973 |
| 14/07/05 | 10:19:23 | 520 | -45,2124 | 2714,172 | 1903,328 | 0 | 0,738422 | 1,149139 |
| 14/07/05 | 10:19:33 | 472 | -20,29944 | 2664,406 | 1877,063 | 0 | 0,743206 | 1,165115 |
| 14/07/05 | 10:19:43 | 488 | -17,99268 | 2653,344 | 1861,391 | 0 | 0,74641 | 1,175522 |
| 14/07/05 | 10:19:53 | 496 | -26,75842 | 2634,906 | 1862,313 | 0 | 0,757114 | 1,193825 |
| 14/07/05 | 10:20:03 | 504 | -29,98792 | 2606,797 | 1829,594 | 0 | 0,765991 | 1,211876 |
| 14/07/05 | 10:20:13 | 520 | -27,68115 | 2592,969 | 1810,234 | 0 | 0,773491 | 1,226578 |
| 14/07/05 | 10:20:23 | 528 | -24,91296 | 2584,688 | 1786,734 | 0 | 0,785671 | 1,246353 |
| 14/07/05 | 10:20:33 | 480 | -19,37683 | 2574,547 | 1760,93 | 0 | 0,796082 | 1,264557 |
| 14/07/05 | 10:20:43 | 488 | 0,922626 | 2567,625 | 1740,648 | 0 | 0,799728 | 1,282555 |
| 14/07/05 | 10:20:53 | 504 | 12,45636 | 2564,406 | 1704,703 | 0 | 0,811665 | 1,324333 |
| 14/07/05 | 10:21:03 | 512 | 23,52881 | 2566,25 | 1689,953 | 0 | 0,82439 | 1,347267 |
| 14/07/05 | 10:21:13 | 520 | 36,90796 | 2561,188 | 1677,055 | 0 | 0,8274 | 1,357285 |
| 14/07/05 | 10:21:23 | 472 | 35,52393 | 2557,5 | 1652,164 | 0 | 0,834896 | 1,375923 |
| 14/07/05 | 10:21:33 | 488 | 41,98291 | 2556,109 | 1621,289 | 0 | 0,845058 | 1,395607 |
| 14/07/05 | 10:21:43 | 496 | 44,28955 | 2557,953 | 1608,383 | 0 | 0,854382 | 1,416962 |
| 14/07/05 | 10:21:53 | 504 | 41,06006 | 2559,344 | 1609,305 | 0 | 0,860794 | 1,434074 |
| 14/07/05 | 10:22:03 | 520 | 41,98291 | 2557,031 | 1595,477 | 0 | 0,858723 | 1,441872 |
| 14/07/05 | 10:22:13 | 528 | 38,29199 | 2557,953 | 1585,344 | 0 | 0,870461 | 1,469345 |
| 14/07/05 | 10:22:23 | 480 | 37,83057 | 2557,031 | 1578,43 | 0 | 0,874653 | 1,494499 |
| 14/07/05 | 10:22:33 | 488 | 36,44653 | 2554,734 | 1573,359 | 0 | 0,872974 | 1,512062 |
| 14/07/05 | 10:22:43 | 504 | 35,52393 | 2559,344 | 1575,664 | 0 | 0,879585 | 1,53524 |
| 14/07/05 | 10:22:53 | 512 | 33,21704 | 2552,422 | 1561,836 | 0 | 0,883186 | 1,554726 |
| 14/07/05 | 10:23:03 | 576 | 35,98511 | 2557,5 | 1559,07 | 0 | 0,886539 | 1,569962 |
| 14/07/05 | 10:23:13 | 472 | 34,13989 | 2553,344 | 1537,414 | 0 | 0,881359 | 1,585945 |
| 14/07/05 | 10:23:23 | 488 | 30,4491 | 2549,203 | 1529,117 | 0 | 0,880867 | 1,611694 |
| 14/07/05 | 10:23:33 | 496 | 30,4491 | 2548,281 | 1524,508 | 0 | 0,884716 | 1,63221 |
| 14/07/05 | 10:23:43 | 504 | 29,06506 | 2562,109 | 1508,836 | 0 | 0,882298 | 1,64711 |
| 14/07/05 | 10:23:53 | 520 | 28,14233 | 2560,719 | 1507,914 | 0 | 0,86903 | 1,666389 |
| 14/07/05 | 10:24:03 | 528 | 28,14233 | 2561,641 | 1506,07 | 0 | 0,869423 | 1,691895 |
| 14/07/05 | 10:24:13 | 480 | 25,37415 | 2566,703 | 1506,531 | 0 | 0,891373 | 1,761932 |
| 14/07/05 | 10:24:23 | 488 | 24,45154 | 2568,094 | 1505,148 | 0 | 0,88575 | 1,752529 |
| 14/07/05 | 10:24:33 | 504 | 33,67847 | 2574,547 | 1487,641 | 0 | 0,886391 | 1,928398 |
| 14/07/05 | 10:24:43 | 512 | 35,0625 | 2580,078 | 1485,797 | 0 | 0,880524 | 1,928642 |
| 14/07/05 | 10:24:53 | 520 | 34,13989 | 2580,531 | 1467,82 | 0 | 0,869522 | 1,928352 |
| 14/07/05 | 10:25:03 | 480 | 35,52393 | 2579,156 | 1465,055 | 0 | 0,864296 | 1,928352 |
| 14/07/05 | 10:25:13 | 488 | 31,37183 | 2577,313 | 1466,438 | 0 | 0,859509 | 0,567417 |
| 14/07/05 | 10:25:23 | 496 | 35,52393 | 2579,156 | 1462,75 | 0 | 0,858624 | 0,42433 |
| 14/07/05 | 10:25:33 | 504 | 36,44653 | 2585,609 | 1458,602 | 0 | 0,885357 | 0,477402 |
| 14/07/05 | 10:25:43 | 520 | 35,0625 | 2619,703 | 1410,219 | 0 | 0,879684 | 0,595184 |
| 14/07/05 | 10:25:53 | 528 | 37,83057 | 2626,156 | 1390,398 | 0 | 0,881607 | 0,705868 |
| 14/07/05 | 10:26:03 | 480 | 41,98291 | 2544,125 | 1140,617 | 0 | 0,595284 | 0,847672 |
| 14/07/05 | 10:26:13 | 488 | 44,28955 | 2526,156 | 1125,406 | 0 | 0,592224 | 0,848907 |
| 14/07/05 | 10:26:23 | 504 | 37,36938 | 2504,5 | 1112,961 | 0 | 0,590599 | 0,849598 |
| 14/07/05 | 10:26:33 | 512 | 40,13745 | 2504,047 | 1105,586 | 0 | 0,589909 | 0,849991 |
| 14/07/05 | 10:26:43 | 520 | 36,44653 | 2501,734 | 1109,734 | 0 | 0,588577 | 0,850681 |
| 14/07/05 | 10:26:53 | 480 | 57,20752 | 2494,359 | 1105,125 | 0 | 0,587147 | 0,851025 |
| 14/07/05 | 10:27:03 | 488 | 38,29199 | 2502,203 | 1097,758 | 0 | 0,58749 | 0,851913 |
| 14/07/05 | 10:27:13 | 496 | 44,28955 | 2503,125 | 1104,664 | 0 | 0,58522 | 0,852604 |
| 14/07/05 | 10:27:23 | 504 | 38,29199 | 2495,75 | 1100,984 | 0 | 0,586258 | 0,852013 |
| 14/07/05 | 10:27:33 | 520 | 57,6687 | 2483,766 | 1096,375 | 0 | 0,584335 | 0,852161 |
| 14/07/05 | 10:27:43 | 584 | 44,28955 | 2495,281 | 1100,523 | 0 | 0,583298 | 0,852604 |
| 14/07/05 | 10:27:53 | 480 | 53,5166 | 2504,5 | 1074,25 | 0 | 0,583988 | 0,852455 |
| 14/07/05 | 10:28:03 | 488 | 60,43677 | 2484,688 | 1087,156 | 0 | 0,582905 | 0,852554 |
| 14/07/05 | 10:28:13 | 504 | 52,13257 | 2498,047 | 1087,156 | 0 | 0,582706 | 0,852703 |
| 14/07/05 | 10:28:23 | 512 | 51,67114 | 2483,766 | 1089,922 | 0 | 0,581718 | 0,852852 |
| 14/07/05 | 10:28:33 | 520 | 41,98291 | 2483,766 | 1089,922 | 0 | 0,581524 | 0,853001 |
| 14/07/05 | 10:28:43 | 480 | 47,51904 | 2477,781 | 1089 | 0 | 0,581078 | 0,8531 |
| 14/07/05 | 10:28:53 | 488 | 42,44409 | 2489,297 | 1084,852 | 0 | 0,580193 | 0,853935 |
| 14/07/05 | 10:29:03 | 496 | 36,90796 | 2476,859 | 1079,32 | 0 | 0,579647 | 0,853294 |
| 14/07/05 | 10:29:13 | 504 | 42,90552 | 2487,906 | 1083,008 | 0 | 0,580193 | 0,853245 |
| 14/07/05 | 10:29:23 | 520 | 35,52393 | 2479,156 | 1076,555 | 0 | 0,579597 | 0,853344 |
| 14/07/05 | 10:29:33 | 584 | 35,98511 | 2480,531 | 1075,172 | 0 | 0,580536 | 0,853344 |
| 14/07/05 | 10:29:43 | 536 | 34,60107 | 2477,313 | 1085,313 | 0 | 0,580635 | 0,853741 |
| 14/07/05 | 10:29:53 | 488 | 35,0625 | 2483,766 | 1071,484 | 0 | 0,579945 | 0,853542 |
| 14/07/05 | 10:30:03 | 504 | 34,13989 | 2474,547 | 1084,852 | 0 | 0,579304 | 0,853592 |
| 14/07/05 | 10:30:13 | 512 | 35,98511 | 2474,547 | 1083,008 | 0 | 0,579006 | 0,853642 |
| 14/07/05 | 10:30:23 | 520 | 23,99011 | 1113,781 | 452,0996 | 0 | 0,001511 | 0,372047 |
| 14/07/05 | 10:30:33 | 480 | 23,0675 | 1094,883 | 437,8125 | 0 | 0,000811 | 0,372393 |
| 14/07/05 | 10:30:43 | 544 | 26,29688 | 1084,289 | 428,5957 | 0 | 0,001337 | 0,371998 |
| 14/07/05 | 10:30:53 | 496 | 23,52881 | 1082,445 | 427,6738 | 0 | 0,00077 | 0,372343 |
| 14/07/05 | 10:31:03 | 504 | 24,45154 | 1073,688 | 422,1426 | 0 | 0,001341 | 0,372095 |
| 15/07/05 | 10:11:42 | 512 | 601,6016 | 23,96558 | 46,08594 | 0,459372 | 0,22891 | 0,564754 |
| 15/07/05 | 10:11:52 | 520 | 664,8047 | 33,64258 | 64,52002 | 11,94586 | 0,248443 | 0,576984 |
| 15/07/05 | 10:12:02 | 480 | 712,3242 | 35,94653 | 68,20703 | 0 | 0,262548 | 0,589413 |
| 15/07/05 | 10:12:12 | 488 | 755,2305 | 50,23169 | 82,9541 | 8,270203 | 0,272659 | 0,598492 |
| 15/07/05 | 10:12:22 | 496 | 817,5117 | 99,07764 | 100,4668 | 12,86481 | 0,288937 | 0,612694 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 15/07/05 | 10:12:32 | 504 | 871,0313 | 136,8633 | 128,5791 | 24,81116 | 0,305904 | 0,626308 |
| 15/07/05 | 10:12:42 | 512 | 921,7773 | 176,9541 | 154,3867 | 39,51367 | 0,323759 | 0,638687 |
| 15/07/05 | 10:12:52 | 528 | 980,3711 | 219,3486 | 183,4209 | 41,81079 | 0,343094 | 0,653484 |
| 15/07/05 | 10:13:02 | 480 | 1055,109 | 290,7734 | 222,1328 | 70,29736 | 0,366817 | 0,672131 |
| 15/07/05 | 10:13:12 | 488 | 1127,539 | 374,6406 | 260,3828 | 93,27051 | 0,38275 | 0,68885 |
| 15/07/05 | 10:13:22 | 504 | 1156,602 | 455,2832 | 288,9551 | 137,3779 | 0,389999 | 0,696693 |
| 15/07/05 | 10:13:33 | 80 | 1199,508 | 545,1406 | 334,1191 | 194,3516 | 0,403515 | 0,706951 |
| 15/07/05 | 10:13:43 | 512 | 1251,18 | 753,4258 | 372,3711 | 362,0547 | 0,419102 | 0,720024 |
| 15/07/05 | 10:13:53 | 520 | 1301,93 | 893,0508 | 402,3262 | 498,0547 | 0,434341 | 0,73349 |
| 15/07/05 | 10:14:03 | 472 | 1334,227 | 983,832 | 434,125 | 613,8398 | 0,4447 | 0,743797 |
| 15/07/05 | 10:14:13 | 488 | 1398,813 | 1099,031 | 486,2031 | 755,3516 | 0,464725 | 0,760273 |
| 15/07/05 | 10:14:23 | 496 | 1456,945 | 1253,406 | 557,6328 | 956,5977 | 0,480658 | 0,777237 |
| 15/07/05 | 10:14:33 | 512 | 1482,781 | 1348,328 | 607,4063 | 1104,086 | 0,485836 | 0,78434 |
| 15/07/05 | 10:14:43 | 520 | 1536,758 | 1465,375 | 682,0664 | 0 | 0,500187 | 0,796722 |
| 15/07/05 | 10:14:53 | 536 | 1563,516 | 1501,781 | 722,1602 | 0 | 0,514343 | 0,812752 |
| 15/07/05 | 10:15:03 | 536 | 1600,422 | 1536,344 | 778,8438 | 0 | 0,524109 | 0,822617 |
| 15/07/05 | 10:15:13 | 488 | 1637,336 | 1577,813 | 845,207 | 0 | 0,533581 | 0,831493 |
| 15/07/05 | 10:15:23 | 504 | 1666,859 | 1609,609 | 915,2578 | 0 | 0,545219 | 0,840916 |
| 15/07/05 | 10:15:33 | 512 | 1699,617 | 1646,016 | 984,8477 | 0 | 0,555183 | 0,850533 |
| 15/07/05 | 10:15:43 | 520 | 1735,602 | 1704,539 | 1075,633 | 0 | 0,566479 | 0,860744 |
| 15/07/05 | 10:15:53 | 472 | 1788,656 | 1799 | 1167,344 | 0 | 0,582359 | 0,876331 |
| 15/07/05 | 10:16:03 | 488 | 1876,773 | 1878,266 | 1273,805 | 0 | 0,592323 | 0,894726 |
| 15/07/05 | 10:16:13 | 552 | 1878,617 | 1902,227 | 1334,633 | 0 | 0,599133 | 0,901386 |
| 15/07/05 | 10:16:23 | 504 | 1925,68 | 1980,102 | 1389,016 | 0 | 0,614571 | 0,914951 |
| 15/07/05 | 10:16:33 | 520 | 1992,57 | 2086,078 | 1488,563 | 0 | 0,63129 | 0,93256 |
| 15/07/05 | 10:16:43 | 528 | 1993,031 | 2134,016 | 1554,922 | 0 | 0,631439 | 0,942619 |
| 15/07/05 | 10:16:53 | 480 | 1957,508 | 2166,266 | 1582,117 | 0 | 0,644657 | 0,955837 |
| 15/07/05 | 10:17:03 | 488 | 1963,969 | 2219,719 | 1632,352 | 0 | 0,654522 | 0,966248 |
| 15/07/05 | 10:17:13 | 504 | 1988,422 | 2336,766 | 1731,891 | 0 | 0,670551 | 0,983067 |
| 15/07/05 | 10:17:23 | 512 | 1999,031 | 2416,031 | 1798,719 | 0 | 0,680958 | 0,996433 |
| 15/07/05 | 10:17:33 | 520 | 1988,422 | 2480,078 | 1860,008 | 0 | 0,691269 | 1,0093 |
| 15/07/05 | 10:17:43 | 472 | 1993,5 | 2569,016 | 1945,266 | 0 | 0,700394 | 1,022575 |
| 15/07/05 | 10:17:53 | 488 | 2000,875 | 2654,266 | 2003,336 | 0 | 0,7071 | 1,032883 |
| 15/07/05 | 10:18:03 | 496 | 2001,336 | 2729,844 | 2053,109 | 0 | 0,712921 | 1,041016 |
| 15/07/05 | 10:18:13 | 504 | 1899,383 | 2822,922 | 2120,844 | 0 | 0,72456 | 1,054878 |
| 15/07/05 | 10:18:23 | 520 | 1797,422 | 2886,516 | 2155,875 | 0 | 0,731369 | 1,064148 |
| 15/07/05 | 10:18:33 | 528 | 1716,688 | 2956,094 | 2202,891 | 0 | 0,738075 | 1,074265 |
| 15/07/05 | 10:18:43 | 480 | 1664,094 | 3009,547 | 2241,141 | 0 | 0,740047 | 1,080185 |
| 15/07/05 | 10:18:53 | 488 | 508,4082 | 2959,781 | 2125,922 | 0 | 0,734276 | 1,102036 |
| 15/07/05 | 10:19:03 | 504 | 364,9277 | 2919,234 | 2055,875 | 0 | 0,739506 | 1,117126 |
| 15/07/05 | 10:19:13 | 512 | 85,34961 | 2761,641 | 1930,063 | 0 | 0,732552 | 1,131973 |
| 15/07/05 | 10:19:23 | 520 | -45,2124 | 2714,172 | 1903,328 | 0 | 0,738422 | 1,149139 |
| 15/07/05 | 10:19:33 | 472 | -20,29944 | 2664,406 | 1877,063 | 0 | 0,743206 | 1,165115 |
| 15/07/05 | 10:19:43 | 488 | -17,99268 | 2653,344 | 1861,391 | 0 | 0,74641 | 1,175522 |
| 15/07/05 | 10:19:53 | 496 | -26,75842 | 2634,906 | 1862,313 | 0 | 0,757114 | 1,193825 |
| 15/07/05 | 10:20:03 | 504 | -29,98792 | 2606,797 | 1829,594 | 0 | 0,765991 | 1,211876 |
| 15/07/05 | 10:20:13 | 520 | -27,68115 | 2592,969 | 1810,234 | 0 | 0,773491 | 1,226578 |
| 15/07/05 | 10:20:23 | 528 | -24,91296 | 2584,688 | 1786,734 | 0 | 0,785671 | 1,246353 |
| 15/07/05 | 10:20:33 | 480 | -19,37683 | 2574,547 | 1760,93 | 0 | 0,796082 | 1,264557 |
| 15/07/05 | 10:20:43 | 488 | 0,922626 | 2567,625 | 1740,648 | 0 | 0,799728 | 1,282555 |
| 15/07/05 | 10:20:53 | 504 | 12,45636 | 2564,406 | 1704,703 | 0 | 0,811665 | 1,324333 |
| 15/07/05 | 10:21:03 | 512 | 23,52881 | 2566,25 | 1689,953 | 0 | 0,82439 | 1,347267 |
| 15/07/05 | 10:21:13 | 520 | 36,90796 | 2561,188 | 1677,055 | 0 | 0,8274 | 1,357285 |
| 15/07/05 | 10:21:23 | 472 | 35,52393 | 2557,5 | 1652,164 | 0 | 0,834896 | 1,375923 |
| 15/07/05 | 10:21:33 | 488 | 41,98291 | 2556,109 | 1621,289 | 0 | 0,845058 | 1,395607 |
| 15/07/05 | 10:21:43 | 496 | 44,28955 | 2557,953 | 1608,383 | 0 | 0,854382 | 1,416962 |
| 15/07/05 | 10:21:53 | 504 | 41,06006 | 2559,344 | 1609,305 | 0 | 0,860794 | 1,434074 |
| 15/07/05 | 10:22:03 | 520 | 41,98291 | 2557,031 | 1595,477 | 0 | 0,858723 | 1,441872 |
| 15/07/05 | 10:22:13 | 528 | 38,29199 | 2557,953 | 1585,344 | 0 | 0,870461 | 1,469345 |
| 15/07/05 | 10:22:23 | 480 | 37,83057 | 2557,031 | 1578,43 | 0 | 0,874653 | 1,494499 |
| 15/07/05 | 10:22:33 | 488 | 36,44653 | 2554,734 | 1573,359 | 0 | 0,872974 | 1,512062 |
| 15/07/05 | 10:22:43 | 504 | 35,52393 | 2559,344 | 1575,664 | 0 | 0,879585 | 1,53524 |
| 15/07/05 | 10:22:53 | 512 | 33,21704 | 2552,422 | 1561,836 | 0 | 0,883186 | 1,554726 |
| 15/07/05 | 10:23:03 | 576 | 35,98511 | 2557,5 | 1559,07 | 0 | 0,886539 | 1,569962 |
| 15/07/05 | 10:23:13 | 472 | 34,13989 | 2553,344 | 1537,414 | 0 | 0,881359 | 1,585945 |
| 15/07/05 | 10:23:23 | 488 | 30,4491 | 2549,203 | 1529,117 | 0 | 0,880867 | 1,611694 |
| 15/07/05 | 10:23:33 | 496 | 30,4491 | 2548,281 | 1524,508 | 0 | 0,884716 | 1,63221 |
| 15/07/05 | 10:23:43 | 504 | 29,06506 | 2562,109 | 1508,836 | 0 | 0,882298 | 1,64711 |
| 15/07/05 | 10:23:53 | 520 | 28,14233 | 2560,719 | 1507,914 | 0 | 0,86903 | 1,666389 |
| 15/07/05 | 10:24:03 | 528 | 28,14233 | 2561,641 | 1506,07 | 0 | 0,869423 | 1,691895 |
| 15/07/05 | 10:24:13 | 480 | 25,37415 | 2566,703 | 1506,531 | 0 | 0,891373 | 1,761932 |
| 15/07/05 | 10:24:23 | 488 | 24,45154 | 2568,094 | 1505,148 | 0 | 0,88575 | 1,875229 |
| 15/07/05 | 10:24:33 | 504 | 33,67847 | 2574,547 | 1487,641 | 0 | 0,886391 | 1,928398 |
| 15/07/05 | 10:24:43 | 512 | 35,0625 | 2580,078 | 1485,797 | 0 | 0,880524 | 1,928642 |
| 15/07/05 | 10:24:53 | 520 | 34,13989 | 2580,531 | 1467,82 | 0 | 0,869522 | 1,928352 |
| 15/07/05 | 10:25:03 | 480 | 35,52393 | 2579,156 | 1465,055 | 0 | 0,864296 | 1,928352 |
| 15/07/05 | 10:25:13 | 488 | 31,37183 | 2577,313 | 1466,438 | 0 | 0,859509 | 0,567417 |
| 15/07/05 | 10:25:23 | 496 | 35,52393 | 2579,156 | 1462,75 | 0 | 0,858624 | 0,42433 |
| 15/07/05 | 10:25:33 | 504 | 36,44653 | 2585,609 | 1458,602 | 0 | 0,885357 | 0,477402 |
| 15/07/05 | 10:25:43 | 520 | 35,0625 | 2619,703 | 1410,219 | 0 | 0,879684 | 0,595184 |
| 15/07/05 | 10:25:53 | 528 | 37,83057 | 2626,156 | 1390,398 | 0 | 0,881607 | 0,705868 |
| 15/07/05 | 10:26:03 | 480 | 41,98291 | 2544,125 | 1140,617 | 0 | 0,595284 | 0,847672 |
| 15/07/05 | 10:26:13 | 488 | 44,28955 | 2526,156 | 1125,406 | 0 | 0,592224 | 0,848907 |
| 15/07/05 | 10:26:23 | 504 | 37,36938 | 2504,5 | 1112,961 | 0 | 0,590599 | 0,849598 |
| 15/07/05 | 10:26:33 | 512 | 40,13745 | 2504,047 | 1105,586 | 0 | 0,589909 | 0,849991 |
| 15/07/05 | 10:26:43 | 520 | 36,44653 | 2501,734 | 1109,734 | 0 | 0,588577 | 0,850681 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|---|----------|----------|
| 15/07/05 | 10:26:53 | 480 | 57,20752 | 2494,359 | 1105,125 | 0 | 0,587147 | 0,851025 |
| 15/07/05 | 10:27:03 | 488 | 38,29199 | 2502,203 | 1097,758 | 0 | 0,58749 | 0,851913 |
| 15/07/05 | 10:27:13 | 496 | 44,28955 | 2503,125 | 1104,664 | 0 | 0,58522 | 0,852604 |
| 15/07/05 | 10:27:23 | 504 | 38,29199 | 2495,75 | 1100,984 | 0 | 0,586258 | 0,852013 |
| 15/07/05 | 10:27:33 | 520 | 57,6687 | 2483,766 | 1096,375 | 0 | 0,584335 | 0,852161 |
| 15/07/05 | 10:27:43 | 584 | 44,28955 | 2495,281 | 1100,523 | 0 | 0,583298 | 0,852604 |
| 15/07/05 | 10:27:53 | 480 | 53,5166 | 2504,5 | 1074,25 | 0 | 0,583988 | 0,852455 |
| 15/07/05 | 10:28:03 | 488 | 60,43677 | 2484,688 | 1087,156 | 0 | 0,582905 | 0,852554 |
| 15/07/05 | 10:28:13 | 504 | 52,13257 | 2498,047 | 1087,156 | 0 | 0,582706 | 0,852703 |
| 15/07/05 | 10:28:23 | 512 | 51,67114 | 2483,766 | 1089,922 | 0 | 0,581718 | 0,852852 |
| 15/07/05 | 10:28:33 | 520 | 41,98291 | 2483,766 | 1089,922 | 0 | 0,581524 | 0,853001 |
| 15/07/05 | 10:28:43 | 480 | 47,51904 | 2477,781 | 1089 | 0 | 0,581078 | 0,8531 |
| 15/07/05 | 10:28:53 | 488 | 42,44409 | 2489,297 | 1084,852 | 0 | 0,580193 | 0,853935 |

Resultados Viga 15

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A | Fibra 1C | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|------------|-------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 19/07/05 | "10:52:10" | 496 | 3,688919 | -2,30159 | -0,000045 | 0,927448 | 0,001519 | 0,379198 |
| 19/07/05 | "10:52:20" | 496 | 5,071899 | 0,001649 | -0,460857 | -2,305893 | 0,001589 | 0,379002 |
| 19/07/05 | "10:52:30" | 456 | 223,1201 | 35,46973 | 25,34473 | 31,87366 | 0,110372 | 0,433306 |
| 19/07/05 | "10:52:35" | 456 | 268,7578 | 39,15479 | 25,80542 | 34,18311 | 0,123827 | 0,441544 |
| 19/07/05 | "10:52:40" | 464 | 293,6523 | 43,76123 | 24,88391 | 32,79736 | 0,12936 | 0,446327 |
| 19/07/05 | "10:52:50" | 480 | 353,5801 | 37,77295 | 31,33521 | 34,64478 | 0,149707 | 0,460039 |
| 19/07/05 | "10:53:00" | 480 | 427,3398 | 46,06421 | 43,7771 | 49,42529 | 0,172374 | 0,476662 |
| 19/07/05 | "10:53:10" | 496 | 519,9961 | 76,46582 | 92,1626 | 56,35352 | 0,198654 | 0,497477 |
| 19/07/05 | "10:53:20" | 448 | 521,8398 | 98,11523 | 90,78027 | 57,27734 | 0,196583 | 0,498413 |
| 19/07/05 | "10:53:30" | 456 | 523,2266 | 101,3398 | 92,1626 | 58,20117 | 0,195645 | 0,497871 |
| 19/07/05 | "10:53:40" | 472 | 524,6094 | 99,03662 | 90,31934 | 54,96777 | 0,194962 | 0,498117 |
| 19/07/05 | "10:53:50" | 480 | 525,9922 | 101,3398 | 91,24072 | 55,42969 | 0,193809 | 0,498167 |
| 19/07/05 | "10:54:00" | 488 | 523,6875 | 104,564 | 94,4668 | 58,20117 | 0,193975 | 0,498709 |
| 19/07/05 | "10:54:10" | 496 | 519,9961 | 106,4067 | 94,92725 | 61,43433 | 0 | 0,496836 |
| 19/07/05 | "10:54:20" | 456 | 520,457 | 104,564 | 91,70166 | 57,7395 | -0,00011 | 0,000004 |
| 19/07/05 | "10:54:30" | 464 | 521,8398 | 106,4067 | 94,92725 | 58,20117 | 0 | 0,499744 |
| 19/07/05 | "10:54:40" | 480 | 521,8438 | 108,249 | 90,31934 | 56,81567 | 0 | 0,498018 |
| 19/07/05 | "10:54:50" | 480 | 499,7148 | 96,27295 | 95,38818 | 56,35376 | 0 | 0,497526 |
| 19/07/05 | "10:55:00" | 496 | 510,7793 | 22,57239 | 80,18115 | 50,81104 | 0 | 0,497328 |
| 19/07/05 | "10:55:10" | 448 | 523,6875 | 109,1704 | 92,62354 | 58,66309 | 0,190527 | 0,498068 |
| 19/07/05 | "10:55:20" | 456 | 522,7656 | 110,0918 | 99,07471 | 66,51514 | 0,192451 | 0,498314 |
| 19/07/05 | "10:55:30" | 472 | 519,9961 | 110,5522 | 96,77051 | 66,05322 | 0,191543 | 0,497772 |
| 19/07/05 | "10:55:40" | 480 | 573,0117 | 122,9893 | 99,99658 | 64,20557 | 0,210625 | 0,508522 |
| 19/07/05 | "10:55:50" | 488 | 92,19922 | 39,61548 | 31,79602 | 12,47455 | 0,00229 | 0,397793 |
| 19/07/05 | "10:56:00" | 496 | 93,58203 | 41,9187 | 31,33521 | 11,55072 | 0,002061 | 0,396807 |
| 19/07/05 | "10:56:10" | 456 | 94,96484 | 40,07617 | 27,64868 | 8,779541 | 0,001091 | 0,397646 |
| 19/07/05 | "10:56:20" | 464 | 92,19922 | 40,99731 | 28,57031 | 10,62701 | 0,001124 | 0,397152 |
| 19/07/05 | "10:56:30" | 472 | 90,35498 | 39,61548 | 30,87439 | 11,08881 | 0,00169 | 0,396856 |
| 19/07/05 | "10:56:40" | 480 | 325,9219 | 79,68994 | 64,05273 | 37,41626 | 0,106733 | 0,452839 |
| 19/07/05 | "10:56:50" | 496 | 400,1406 | 92,12695 | 75,57324 | 47,11597 | 0,141614 | 0,470989 |
| 19/07/05 | "10:57:00" | 472 | 481,2754 | 108,249 | 88,93701 | 54,96802 | 0,17315 | 0,488056 |
| 19/07/05 | "10:57:10" | 456 | 529,6797 | 119,7651 | 97,23145 | 62,3584 | 0,195376 | 0,499449 |
| 19/07/05 | "10:57:20" | 472 | 585,918 | 133,584 | 110,1343 | 71,13379 | 0,216416 | 0,512024 |
| 19/07/05 | "10:57:30" | 480 | 669,8203 | 253,8076 | 133,6357 | 122,8647 | 0,239811 | 0,528847 |
| 19/07/05 | "10:57:40" | 488 | 742,6563 | 348,6973 | 179,2559 | 183,834 | 0,261858 | 0,545269 |
| 19/07/05 | "10:57:50" | 496 | 821,0273 | 448,1934 | 229,0244 | 243,8789 | 0,27779 | 0,559917 |
| 19/07/05 | "10:58:00" | 456 | 869,8906 | 507,1543 | 257,5938 | 294,2246 | 0,287851 | 0,569042 |
| 19/07/05 | "10:58:10" | 464 | 862,9766 | 518,668 | 264,5059 | 300,2285 | 0,288443 | 0,569241 |
| 19/07/05 | "10:58:20" | 472 | 939,9609 | 618,1641 | 293,998 | 378,2871 | 0,314486 | 0,586651 |
| 19/07/05 | "10:58:30" | 480 | 1015,102 | 893,1602 | 331,7852 | 754,2617 | 0,333179 | 0,602734 |
| 19/07/05 | "10:58:40" | 496 | 1101,766 | 1123,469 | 419,3398 | 0 | 0,353945 | 0,620686 |
| 19/07/05 | "10:58:50" | 504 | 1163,539 | 1330,758 | 501,8262 | 0 | 0,372639 | 0,63504 |
| 19/07/05 | "10:59:00" | 464 | 1207,336 | 1484,148 | 565,8789 | 0 | 0,382898 | 0,64505 |
| 19/07/05 | "10:59:10" | 472 | 1217,016 | 1560,609 | 586,1523 | 0 | 0,381073 | 0,645596 |
| 19/07/05 | "10:59:20" | 480 | 1201,805 | 1585,945 | 593,9883 | 0 | 0,380087 | 0,646481 |
| 19/07/05 | "10:59:30" | 488 | 1200,422 | 1585,484 | 606,8906 | 0 | 0,378113 | 0,645939 |
| 19/07/05 | "10:59:40" | 496 | 1209,641 | 1602,063 | 599,0547 | 0 | 0,377916 | 0,645939 |
| 19/07/05 | "10:59:50" | 456 | 1200,883 | 1597,461 | 597,6719 | 0 | 0,377522 | 0,645889 |
| 19/07/05 | "11:00:00" | 464 | 1266,344 | 1710,313 | 651,1289 | 0 | 0,400112 | 0,659012 |
| 19/07/05 | "11:00:10" | 472 | 1350,703 | 1982,547 | 730,8477 | 0 | 0,424526 | 0,680714 |
| 19/07/05 | "11:00:20" | 480 | 1458,117 | 2374,078 | 796,2852 | 0 | 0,450668 | 0,705227 |
| 19/07/05 | "11:00:30" | 496 | 1596,414 | 2720,938 | 928,5391 | 0 | 0,482779 | 0,734772 |
| 19/07/05 | "11:00:40" | 504 | 1649,43 | 2924,063 | 1038,211 | 0 | 0,496933 | 0,751934 |
| 19/07/05 | "11:00:50" | 456 | 1710,734 | 3038,297 | 1207,328 | 0 | 0,516563 | 0,771812 |
| 19/07/05 | "11:01:00" | 472 | 1819,992 | 3255,719 | 1418,383 | 0 | 0,542458 | 0,798893 |
| 19/07/05 | "11:01:10" | 480 | 1845,805 | 3321,594 | 1478,75 | 0 | 0,552078 | 0,807819 |
| 19/07/05 | "11:01:20" | 488 | 1921,875 | 3459,313 | 1618,836 | 0 | 0,570671 | 0,827892 |
| 19/07/05 | "11:01:30" | 496 | 1975,344 | 3584,156 | 1748,781 | 0 | 0,585026 | 0,845108 |
| 19/07/05 | "11:01:40" | 456 | 2032,047 | 3690,563 | 1853,391 | 0 | 0,600464 | 0,860153 |
| 19/07/05 | "11:01:50" | 464 | 2103,031 | 3813,078 | 1999,93 | 0 | 0,614571 | 0,877266 |
| 19/07/05 | "11:02:00" | 528 | 2141,766 | 3895,078 | 2153,844 | 0 | 0,623795 | 0,892555 |
| 19/07/05 | "11:02:10" | 480 | 2206,297 | 3980,297 | 2288,859 | 0 | 0,641647 | 0,910805 |
| 19/07/05 | "11:02:20" | 496 | 2292,5 | 4096,375 | 2481,938 | 0 | 0,660786 | 0,930439 |
| 19/07/05 | "11:02:30" | 448 | 2345,984 | 4171,906 | 2584,234 | 0 | 0,663155 | 0,938477 |
| 19/07/05 | "11:02:40" | 456 | 2501,328 | 4267,25 | 2681,469 | 0 | 0,679974 | 0,954556 |
| 19/07/05 | "11:02:50" | 472 | 2583,859 | 4371,344 | 2769,938 | 0 | 0,693584 | 0,972065 |
| 19/07/05 | "11:03:00" | 480 | 2611,047 | 4404,969 | 2803,578 | 0 | 0,697582 | 0,9841 |
| 19/07/05 | "11:03:10" | 488 | 2683,891 | 4498,938 | 2884,219 | 0 | 0,711983 | 1,000626 |
| 19/07/05 | "11:03:20" | 496 | 2775,156 | 4592 | 2962,563 | 0 | 0,725842 | 1,017242 |
| 19/07/05 | "11:03:30" | 456 | 2849,391 | 4673,063 | 3054,266 | 0 | 0,737877 | 1,034607 |
| 19/07/05 | "11:03:40" | 464 | 1131,734 | -318,7539 | 776,9297 | 0 | 0,239416 | 1,189285 |
| 19/07/05 | "11:03:50" | 472 | 1140,953 | -303,0918 | 776,4688 | 0 | 0,238923 | 1,190125 |
| 19/07/05 | "11:04:00" | 480 | 1148,789 | -317,3711 | 766,793 | 0 | 0,23986 | 1,191803 |
| 19/07/05 | "11:04:10" | 496 | 1139,57 | -310,9219 | 751,5859 | 0 | 0,240304 | 1,190521 |
| 19/07/05 | "11:04:20" | 448 | 1139,57 | -310,002 | 751,125 | 0 | 0,241044 | 1,190666 |
| 19/07/05 | "11:04:30" | 456 | 1155,242 | -295,2617 | 754,3516 | 0 | 0,239662 | 1,19072 |
| 19/07/05 | "11:04:40" | 472 | 1153,398 | -309,0801 | 700,4336 | 0 | 0,239662 | 1,190811 |
| 19/07/05 | "11:04:50" | 480 | 1146,484 | -299,8672 | 687,5313 | 0 | 0,239959 | 1,192146 |
| 19/07/05 | "11:05:00" | 496 | 392,3047 | -338,0996 | 394,4551 | 0 | 0,002456 | 0,820889 |
| 19/07/05 | "11:05:10" | 496 | 387,6934 | -330,7285 | 398,1426 | 0 | 0,001465 | 0,815762 |

B.5. EMBUTIDOS NA LATERAL

| Resultados Viga 8 | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|-------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 1A | Fibra 2B | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
| 21/06/05 | 10:42:09 | 504 | 2,316071 | -0,925488 | -1,851364 | -0,926788 | 1,848335 | -0,001817 | 0,396561 |
| 21/06/05 | 10:42:19 | 448 | 4,170288 | 6,485565 | 5,095947 | 2,315582 | 5,977905 | 0,031672 | 0,421913 |
| 21/06/05 | 10:42:29 | 456 | 20,39478 | 23,62378 | 25,47461 | 20,84338 | 28,00183 | 0,146596 | 0,512863 |
| 21/06/05 | 10:42:34 | 464 | 21,3219 | 23,62378 | 27,32715 | 24,08582 | 32,13135 | 0,157864 | 0,522186 |
| 21/06/05 | 10:42:39 | 464 | 25,4939 | 25,47656 | 30,10608 | 24,08582 | 33,50781 | 0,165502 | 0,531361 |
| 21/06/05 | 10:42:49 | 472 | 27,34814 | 27,79248 | 37,51636 | 30,57056 | 42,68457 | 0,193902 | 0,553951 |
| 21/06/05 | 10:42:59 | 488 | 34,30151 | 32,42432 | 40,75854 | 36,59204 | 44,51978 | 0,207176 | 0,56781 |
| 21/06/05 | 10:43:09 | 496 | 35,22852 | 37,51953 | 48,63208 | 48,63525 | 60,57886 | 0,229601 | 0,586948 |
| 21/06/05 | 10:43:19 | 448 | 39,86426 | 44,00415 | 55,57935 | 56,50952 | 54,61426 | 0,249133 | 0,606281 |
| 21/06/05 | 10:43:29 | 464 | 44,03613 | 49,5625 | 64,84229 | 62,99438 | 63,33228 | 0,265951 | 0,623547 |
| 21/06/05 | 10:43:39 | 472 | 48,20825 | 57,90015 | 75,95801 | 74,11084 | 66,08496 | 0,284004 | 0,640217 |
| 21/06/05 | 10:43:49 | 480 | 51,45313 | 68,55322 | 108,3784 | 86,1543 | 84,89697 | 0,299788 | 0,656986 |
| 21/06/05 | 10:43:59 | 488 | 54,23462 | 106,9985 | 141,7256 | 103,2925 | 101,874 | 0,317642 | 0,673759 |
| 21/06/05 | 10:44:09 | 448 | 59,33374 | 148,6855 | 204,251 | 122,7466 | 139,0391 | 0,329184 | 0,688457 |
| 21/06/05 | 10:44:19 | 456 | 66,28711 | 185,2783 | 248,25 | 162,1182 | 170,6992 | 0,347532 | 0,705868 |
| 21/06/05 | 10:44:29 | 464 | 70,45898 | 212,6064 | 276,9648 | 192,6895 | 189,0527 | 0,366177 | 0,721748 |
| 21/06/05 | 10:44:39 | 480 | 75,09473 | 236,6924 | 301,9746 | 231,5977 | 200,5234 | 0,378853 | 0,735756 |
| 21/06/05 | 10:44:49 | 488 | 79,2666 | 267,2637 | 331,1543 | 265,4102 | 220,7119 | 0,391134 | 0,748779 |
| 21/06/05 | 10:44:59 | 496 | 82,04785 | 289,0332 | 348,7539 | 287,1816 | 234,0186 | 0,395622 | 0,75336 |
| 21/06/05 | 10:45:09 | 448 | 87,14697 | 309,877 | 372,375 | 313,584 | 249,1602 | 0,405981 | 0,76535 |
| 21/06/05 | 10:45:19 | 464 | 86,68359 | 320,0664 | 382,5645 | 326,0898 | 252,8311 | 0,408941 | 0,76757 |
| 21/06/05 | 10:45:29 | 472 | 93,17334 | 341,373 | 397,3848 | 350,1758 | 267,0547 | 0,421272 | 0,779705 |
| 21/06/05 | 10:45:39 | 480 | 95,02783 | 389,082 | 425,6367 | 404,3691 | 287,7012 | 0,437548 | 0,795044 |
| 21/06/05 | 10:45:49 | 544 | 101,5176 | 466,9004 | 462,6895 | 451,1523 | 317,9844 | 0,446081 | 0,805996 |
| 21/06/05 | 10:45:59 | 448 | 108,9346 | 535,9141 | 506,6895 | 521,0938 | 355,6094 | 0,46438 | 0,826561 |
| 21/06/05 | 10:46:09 | 456 | 114,0337 | 638,2813 | 556,2461 | 591,5 | 394,6094 | 0,48411 | 0,845749 |
| 21/06/05 | 10:46:19 | 464 | 121,9141 | 986,6016 | 683,1484 | 630,8711 | 542,3555 | 0,4921 | 0,855564 |
| 21/06/05 | 10:46:29 | 472 | 130,7217 | 1209,398 | 836,4531 | 662,3711 | 750,207 | 0,501026 | 0,86829 |
| 21/06/05 | 10:46:39 | 544 | 139,9922 | 1317,32 | 902,6836 | 695,2578 | 847,9375 | 0,517796 | 0,883629 |
| 21/06/05 | 10:46:49 | 552 | 143,2373 | 1456,742 | 1025,414 | 732,3125 | 1028,719 | 0,531361 | 0,898327 |
| 21/06/05 | 10:46:59 | 448 | 152,9727 | 1612,836 | 1152,781 | 789,75 | 1198,945 | 0,549858 | 0,919044 |
| 21/06/05 | 10:47:09 | 464 | 162,2432 | 1732,344 | 1250,047 | 836,5313 | 1332,922 | 0,557056 | 0,930782 |
| 21/06/05 | 10:47:19 | 472 | 171,0508 | 1900,016 | 1382,969 | 903,6953 | 1516,461 | 0,576935 | 0,952732 |
| 21/06/05 | 10:47:29 | 480 | 183,5674 | 2076,484 | 1549,242 | 982,9023 | 1761,938 | 0,597206 | 0,975716 |
| 21/06/05 | 10:47:39 | 488 | 184,4941 | 2171,906 | 1641,406 | 1043,578 | 1916,102 | 0,61097 | 0,991055 |
| 21/06/05 | 10:47:49 | 448 | 184,4941 | 2291,875 | 1754,414 | 1124,641 | 2101,469 | 0,630798 | 1,012657 |
| 21/06/05 | 10:47:59 | 456 | 186,3486 | 2384,984 | 1822,039 | 1195,047 | 2245,078 | 0,64436 | 1,030365 |
| 21/06/05 | 10:48:09 | 464 | 185,8848 | 2435 | 1866,5 | 1188,563 | 2342,813 | 0,647121 | 1,038895 |
| 21/06/05 | 10:48:19 | 536 | 187,7393 | 2514,672 | 1932,734 | 1208,938 | 2467,156 | 0,665569 | 1,059616 |
| 21/06/05 | 10:48:29 | 488 | 186,8125 | 2568,406 | 2001,742 | 1235,344 | 2596,547 | 0,679924 | 1,083191 |
| 21/06/05 | 10:48:39 | 496 | 188,2031 | 2636,5 | 2060,563 | 1256,188 | 2711,719 | 0,695263 | 1,10598 |
| 21/06/05 | 10:48:49 | 448 | 190,0566 | 2701,797 | 2114,75 | 1264,063 | 2825,047 | 0,710403 | 1,12635 |
| 21/06/05 | 10:48:59 | 464 | 193,3018 | 2729,125 | 2156,891 | 1266,844 | 2917,281 | 0,724068 | 1,144447 |
| 21/06/05 | 10:49:09 | 472 | 196,083 | 2769,438 | 2205,063 | 1271,938 | 3009,969 | 0,740246 | 1,163887 |
| 21/06/05 | 10:49:19 | 480 | 196,083 | 2826,859 | 2267,578 | 1277,031 | 3137,063 | 0,755833 | 1,190323 |
| 21/06/05 | 10:49:29 | 488 | 196,5469 | 2870,406 | 2323,625 | 1300,188 | 3258,188 | 0,77063 | 1,210541 |
| 21/06/05 | 10:49:39 | 448 | 195,6201 | 2869,484 | 2347,25 | 1315,938 | 3332,531 | 0,779408 | 1,223221 |
| 21/06/05 | 10:49:49 | 456 | 199,3281 | 2914,406 | 2387,078 | 1341,414 | 3450,906 | 0,797855 | 1,245811 |
| 21/06/05 | 10:49:59 | 464 | 201,1826 | 2954,703 | 2438,484 | 1346,508 | 3578,922 | 0,820148 | 1,270081 |
| 21/06/05 | 10:50:09 | 472 | 198,8643 | 2989,906 | 2480,172 | 1365,039 | 3695,922 | 0,839928 | 1,293602 |
| 21/06/05 | 10:50:19 | 488 | 200,2549 | 2982,5 | 2478,313 | 1334,008 | 3755,109 | 0,852161 | 1,318565 |
| 21/06/05 | 10:50:29 | 496 | 200,2549 | 2943,125 | 2441,266 | 1271,477 | 3741,344 | 0,866417 | 1,339325 |
| 21/06/05 | 10:50:39 | 448 | 199,792 | 2877,813 | 2369,016 | 1217,281 | 3684,906 | 0,870903 | 1,363152 |
| 21/06/05 | 10:50:49 | 464 | 199,3281 | 2838,453 | 2346,328 | 1205,695 | 3668,844 | 0,872875 | 1,371338 |
| 21/06/05 | 10:50:59 | 472 | 199,792 | 2803,703 | 2326,406 | 1187,633 | 3663,797 | 0,879143 | 1,386383 |
| 21/06/05 | 10:51:09 | 480 | 196,083 | 2745,344 | 2293,516 | 1164,477 | 3629,391 | 0,860348 | 1,412819 |
| 21/06/05 | 10:51:19 | 488 | 198,4014 | 2719,406 | 2284,266 | 1161,234 | 3623,891 | 0,86301 | 1,426979 |
| 21/06/05 | 10:51:29 | 448 | 196,083 | 2698,094 | 2280,547 | 1161,695 | 3629,391 | 0,865871 | 1,453712 |
| 21/06/05 | 10:51:39 | 456 | 195,6201 | 2673,094 | 2277,781 | 1159,383 | 3622,969 | 0,866169 | 1,481033 |
| 21/06/05 | 10:51:49 | 464 | 196,083 | 2661,969 | 2276,844 | 1158,914 | 3627,563 | 0,871445 | 1,503082 |
| 21/06/05 | 10:51:59 | 472 | 197,4736 | 2646,219 | 2275,453 | 1159,844 | 3631,219 | 0,875786 | 1,521576 |
| 21/06/05 | 10:52:09 | 488 | 196,083 | 2632,328 | 2273,141 | 1155,211 | 3633,063 | 0,878006 | 1,542442 |
| 21/06/05 | 10:52:19 | 496 | 193,7656 | 2600,359 | 2260,172 | 1150,117 | 3619,75 | 0,863358 | 1,555023 |
| 21/06/05 | 10:52:29 | 456 | 195,6201 | 2600,828 | 2265,266 | 1151,969 | 3626,172 | 0,876427 | 1,589149 |
| 21/06/05 | 10:52:39 | 464 | 194,6924 | 2579,984 | 2259,719 | 1150,117 | 3626,641 | 0,86982 | 1,621605 |
| 21/06/05 | 10:52:49 | 472 | 197,0107 | 2579,063 | 2261,563 | 1149,188 | 3636,266 | 0,881905 | 1,654015 |
| 21/06/05 | 10:52:59 | 480 | 196,083 | 2558,219 | 2257,391 | 1145,023 | 3630,766 | 0,875145 | 1,675415 |
| 21/06/05 | 10:53:09 | 488 | 195,1563 | 2539,688 | 2252,766 | 1142,703 | 3629,844 | 0,874802 | 1,702888 |
| 21/06/05 | 10:53:19 | 552 | 193,7656 | 2519,313 | 2248,141 | 1142,242 | 3633,516 | 0,870361 | 1,720207 |
| 21/06/05 | 10:53:29 | 456 | 193,7656 | 2502,625 | 2243,5 | 1138,07 | 3626,641 | 0,863358 | 1,741264 |
| 21/06/05 | 10:53:39 | 464 | 197,9375 | 2510,969 | 2251,844 | 1138,07 | 3638,563 | 0,883827 | 1,786888 |
| 21/06/05 | 10:53:49 | 472 | 196,083 | 2492,906 | 2244,422 | 1132,047 | 3635,359 | 0,872135 | 1,839767 |
| 21/06/05 | 10:53:59 | 488 | 196,083 | 2485,031 | 2243,031 | 1133,438 | 3639,484 | 0,878204 | 1,898659 |
| 21/06/05 | 10:54:09 | 496 | 196,5469 | 2475,297 | 2243,031 | 1128,344 | 3640,859 | 0,874554 | 1,959717 |
| 21/06/05 | 10:54:19 | 448 | 194,6924 | 2456,781 | 2235,625 | 1131,586 | 3634,891 | 0,86834 | 1,985216 |
| 21/06/05 | 10:54:29 | 464 | 196,5469 | 2473,906 | 2245,813 | 1126,492 | 3655,078 | 0,893593 | 0,440458 |
| 21/06/05 | 10:54:39 | 472 | 196,5469 | 2464,188 | 2244,891 | 1115,836 | 3660,594 | 0,899658 | 0,526577 |
| 21/06/05 | 10:54:49 | 480 | 196,083 | 2441,953 | 2233,781 | 1105,188 | 3656 | 0,899315 | 0,605789 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 21/06/05 | 10:54:59 | 488 | 193,3018 | 2400,266 | 2214,781 | 1094,531 | 3646,828 | 0,897243 | 0,710999 |
| 21/06/05 | 10:55:09 | 448 | 191,9111 | 2353,016 | 2187,922 | 1085,734 | 3638,563 | 0,8894 | 0,79105 |
| 21/06/05 | 10:55:19 | 456 | 191,4473 | 2316,891 | 2170,328 | 1076 | 3639,938 | 0,905529 | 0,902866 |
| 21/06/05 | 10:55:29 | 464 | 187,2754 | 2280,766 | 2149,938 | 1063,031 | 3610,578 | 0,901188 | 1,021538 |
| 21/06/05 | 10:55:39 | 472 | 184,0303 | 2245,094 | 2131,875 | 1054,234 | 3605,984 | 0,907948 | 1,141586 |
| 21/06/05 | 10:55:49 | 488 | 184,4941 | 2208,047 | 2113,813 | 1052,383 | 3597,266 | 0,905876 | 1,250252 |
| 21/06/05 | 10:55:59 | 496 | 179,8584 | 2183,484 | 2108,719 | 1047,75 | 3598,188 | 0,912041 | 1,371582 |
| 21/06/05 | 10:56:09 | 448 | 178,0049 | 2155,234 | 2096,219 | 1042,656 | 3599,109 | 0,911545 | 1,446114 |
| 21/06/05 | 10:56:19 | 464 | 175,2227 | 2130,688 | 2084,641 | 1042,188 | 3612,875 | 0,913815 | 1,523796 |
| 21/06/05 | 10:56:29 | 472 | 170,124 | 2103,828 | 2068,891 | 1036,172 | 3583,969 | 0,902569 | 1,596107 |
| 21/06/05 | 10:56:39 | 480 | 168,7334 | 2088,078 | 2057,313 | 1036,172 | 3577,078 | 0,897636 | 1,597588 |
| 21/06/05 | 10:56:49 | 488 | 168,2695 | 2077,875 | 2052,219 | 1033,852 | 3573,875 | 0,893543 | 1,598228 |
| 21/06/05 | 10:56:59 | 504 | 167,3428 | 2067,234 | 2045,742 | 1033,391 | 3561,938 | 0,891323 | 1,598816 |
| 21/06/05 | 10:57:09 | 456 | 165,9521 | 2059,359 | 2039,719 | 1032,461 | 3560,109 | 0,891865 | 1,599709 |
| 21/06/05 | 10:57:19 | 464 | 165,4883 | 2057,969 | 2037,406 | 1030,148 | 3556,438 | 0,888313 | 1,599411 |
| 21/06/05 | 10:57:29 | 472 | 168,2695 | 2047,781 | 2032,313 | 1030,609 | 3551,391 | 0,887081 | 1,599457 |
| 21/06/05 | 10:57:39 | 488 | 164,5615 | 2039,906 | 2029,531 | 1028,758 | 3548,641 | 0,887623 | 1,599854 |
| 21/06/05 | 10:57:49 | 496 | 163,6338 | 2035,273 | 2027,211 | 1030,609 | 3546,797 | 0,887672 | 1,599655 |
| 21/06/05 | 10:57:59 | 456 | 162,707 | 2028,32 | 2023,508 | 1029,688 | 3555,984 | 0,886242 | 1,60025 |
| 21/06/05 | 10:58:10 | 448 | 164,5615 | 2017,203 | 2019,344 | 1028,758 | 3544,5 | 0,884518 | 1,600006 |
| 21/06/05 | 10:58:20 | 464 | 167,8057 | 2011,188 | 2017,023 | 1028,758 | 3544,047 | 0,884468 | 1,600006 |
| 21/06/05 | 10:58:30 | 472 | 164,5615 | 2004,234 | 2016,102 | 1028,297 | 3539,922 | 0,884075 | 1,600006 |
| 21/06/05 | 10:58:40 | 480 | 163,6338 | 1996,367 | 2015,172 | 1028,758 | 3539 | 0,88279 | 1,600693 |
| 21/06/05 | 10:58:50 | 496 | 162,2432 | 1991,734 | 2014,711 | 1030,148 | 3538,547 | 0,883579 | 1,60099 |
| 21/06/05 | 10:59:00 | 480 | 164,0977 | 1981,078 | 2012,391 | 1028,297 | 3537,625 | 0,881016 | 1,600746 |
| 21/06/05 | 10:59:10 | 456 | 163,1709 | 1971,813 | 2007,758 | 1028,758 | 3537,625 | 0,880569 | 1,600494 |
| 21/06/05 | 10:59:20 | 464 | 161,7803 | 1965,789 | 2008,688 | 1027,828 | 3537,625 | 0,881065 | 1,600792 |
| 21/06/05 | 10:59:30 | 480 | 22,71265 | 622,0703 | 924,9141 | 347,3965 | 1942,258 | 0,001426 | 0,635284 |
| 21/06/05 | 10:59:40 | 488 | 16,22278 | 649,8594 | 907,7773 | 337,207 | 1891,328 | -0,000633 | 0,628036 |
| 21/06/05 | 10:59:50 | 496 | 17,6134 | 664,2188 | 905 | 335,3535 | 1878,023 | 0,00106 | 0,625961 |

Resultados Viga 9

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Estribo 2 | Fibra 2B | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 27/06/05 | 11:26:06 | 496 | 6,492249 | 8,346191 | 5,561676 | 2,318893 | 4,63092 | 4,137421 | 0,000036 | 0,528202 |
| 27/06/05 | 11:26:16 | 480 | 8,811157 | 20,86719 | 29,19873 | 15,75952 | 19,91345 | 17,92505 | 0,133605 | 0,606136 |
| 27/06/05 | 11:26:26 | 488 | -6,03009 | 49,61914 | 36,15063 | 25,02893 | 34,26978 | 17,46545 | 0,195065 | 0,653534 |
| 27/06/05 | 11:26:31 | 488 | 14,37665 | 82,08105 | 50,51831 | 31,51746 | 50,47876 | 14,24835 | 0,225211 | 0,680565 |
| 27/06/05 | 11:26:36 | 496 | 19,01453 | 136,8018 | 62,10498 | 50,51978 | 73,1709 | 12,86963 | 0,244694 | 0,700146 |
| 27/06/05 | 11:26:46 | 448 | 42,2041 | 269,8965 | 107,0615 | 137,6523 | 127,355 | 53,77271 | 0,312365 | 0,757954 |
| 27/06/05 | 11:26:56 | 464 | 28,75415 | 332,5 | 164,5322 | 244,25 | 188,4854 | 181,9971 | 0,361935 | 0,802296 |
| 27/06/05 | 11:27:06 | 472 | 179,9492 | 402,5254 | 365,6777 | 495,9141 | 320,9336 | 605,2734 | 0,412886 | 0,854183 |
| 27/06/05 | 11:27:16 | 480 | 464,252 | 454,9277 | 529,7461 | 649,7852 | 446,9004 | 938,9336 | 0,466255 | 0,904839 |
| 27/06/05 | 11:27:26 | 488 | 552,8359 | 517,5313 | 683,1563 | 774,9219 | 575,6445 | 1228,93 | 0,513802 | 0,95076 |
| 27/06/05 | 11:27:36 | 448 | 700,7852 | 631,6133 | 789,2891 | 844,9063 | 719,6719 | 0 | 0,534271 | 0,981785 |
| 27/06/05 | 11:27:46 | 456 | 698,9297 | 646,918 | 780,9453 | 812 | 713,1875 | 0 | 0,528698 | 0,982475 |
| 27/06/05 | 11:27:56 | 464 | 738,3516 | 689,582 | 780,4844 | 796,2422 | 701,6094 | 0 | 0,527611 | 0,982719 |
| 27/06/05 | 11:28:06 | 472 | 725,8281 | 684,4805 | 777,7031 | 783,2656 | 690,4961 | 0 | 0,525097 | 0,982918 |
| 27/06/05 | 11:28:16 | 488 | 730,4688 | 687,7266 | 772,1406 | 771,6797 | 684,9375 | 0 | 0,523125 | 0,982967 |
| 27/06/05 | 11:28:26 | 496 | 741,1367 | 707,668 | 770,2891 | 767,043 | 679,8438 | 0 | 0,522385 | 0,983017 |
| 27/06/05 | 11:28:36 | 448 | 761,0781 | 720,6523 | 773,0664 | 764,7266 | 674,75 | 0 | 0,522579 | 0,983067 |
| 27/06/05 | 11:28:46 | 464 | 769,4258 | 713,6953 | 770,75 | 758,2383 | 665,4883 | 0 | 0,522484 | 0,983116 |
| 27/06/05 | 11:28:56 | 472 | 762,0039 | 703,957 | 766,5781 | 748,5039 | 661,3203 | 0 | 0,521397 | 0,983311 |
| 27/06/05 | 11:29:06 | 480 | 777,7734 | 722,5078 | 765,6523 | 745,7266 | 658,0781 | 0 | 0,520954 | 0,983261 |
| 27/06/05 | 11:29:16 | 488 | 847,8086 | 818,5 | 817,5625 | 798,5586 | 801,1797 | 0 | 0,568008 | 1,019814 |
| 27/06/05 | 11:29:26 | 448 | 933,6094 | 1139,875 | 846,2969 | 812,9297 | 1176,297 | 0 | 0,604805 | 1,061737 |
| 27/06/05 | 11:29:36 | 464 | 986,9453 | 1480,258 | 871,7891 | 793,9258 | 1512,516 | 0 | 0,640614 | 1,105339 |
| 27/06/05 | 11:29:46 | 464 | 1044,914 | 1907,367 | 892,1797 | 783,7305 | 1609,305 | 0 | 0,670994 | 1,15052 |
| 27/06/05 | 11:29:56 | 480 | 1110,773 | 3032,391 | 883,375 | 746,1875 | -115,7773 | 0 | 0,678886 | 1,203636 |
| 27/06/05 | 11:30:06 | 488 | 1191,008 | 3810,094 | 862,9805 | 770,2891 | -256,0996 | 0 | 0,684315 | 1,254883 |
| 27/06/05 | 11:30:16 | 496 | 1172,922 | 3895,891 | 857,8828 | 761,4844 | -291,7578 | 0 | 0,676571 | 1,256516 |
| 27/06/05 | 11:30:26 | 448 | 1180,344 | 3930,672 | 853,25 | 754,5313 | -310,7461 | 0 | 0,673561 | 1,256859 |
| 27/06/05 | 11:30:36 | 464 | 1199,359 | 4101,313 | 856,4922 | 755,9219 | -312,5977 | 0 | 0,696991 | 1,276344 |
| 27/06/05 | 11:30:46 | 472 | 1276,813 | 4597,531 | 878,7383 | 766,582 | -351,9629 | 0 | 0,734032 | 1,320831 |
| 27/06/05 | 11:30:56 | 480 | 1316,695 | 5148,438 | 915,3555 | 780,0234 | -411,7031 | 0 | 0,753761 | 1,356293 |
| 27/06/05 | 11:31:06 | 488 | 1370,5 | 5475,375 | 935,2813 | 790,6797 | -470,5195 | 0 | 0,761898 | 1,378738 |
| 27/06/05 | 11:31:16 | 448 | 1448,875 | 5931,25 | 974,6797 | 821,7344 | -564,9922 | 0 | 0,766487 | 1,408974 |
| 27/06/05 | 11:31:26 | 472 | 2731,25 | 3916,75 | 260,4707 | 879,668 | -1443,977 | 0 | 0,534912 | 1,512947 |
| 27/06/05 | 11:31:36 | 464 | 2972,891 | 3976,109 | 140,4316 | 699,3789 | -1301,797 | 0 | 0,523716 | 1,516106 |
| 27/06/05 | 11:31:46 | 472 | 3006,281 | 3974,719 | 122,3564 | 729,9648 | -1274,938 | 0 | 0,518684 | 1,517334 |
| 27/06/05 | 11:31:56 | 488 | 3047,094 | 0 | 102,4268 | 737,3828 | -1263,82 | 0 | 0,517403 | 1,517632 |
| 27/06/05 | 11:32:06 | 496 | 3093,469 | 0 | 99,646 | 736,918 | -1250,391 | 0 | 0,517601 | 1,518028 |
| 27/06/05 | 11:32:16 | 448 | 3093,016 | 0 | 70,44727 | 731,3555 | -1244,375 | 0 | 0,516266 | 1,518372 |
| 27/06/05 | 11:32:26 | 464 | 3121,297 | 0 | 42,17578 | 727,1875 | -1632,922 | 0 | 0,515232 | 1,51857 |
| 27/06/05 | 11:32:36 | 472 | 3144,953 | 0 | 53,7627 | 722,0859 | -88,4541 | 0 | 0,514641 | 1,51857 |
| 27/06/05 | 11:32:46 | 480 | 3136,141 | 0 | 60,25122 | 713,2813 | -41,2168 | 0 | 0,51252 | 1,518814 |
| 27/06/05 | 11:32:56 | 488 | 3173,719 | 0 | 78,79004 | 710,5 | -37,04883 | 0 | 0,514442 | 1,519165 |
| 27/06/05 | 11:33:06 | 448 | 3181,594 | 0 | 75,08203 | 704,4766 | -25,9342 | 0 | 0,514244 | 1,519112 |
| 27/06/05 | 11:33:16 | 456 | 3171,391 | 0 | 25,02747 | 698,9141 | -35,19629 | 0 | 0,513504 | 1,519211 |
| 27/06/05 | 11:33:26 | 464 | 3200,141 | 0 | 71,37451 | 691,9609 | -21,30322 | 0 | 0,510597 | 1,519257 |
| 27/06/05 | 11:33:36 | 480 | 3200,141 | 0 | 33,83325 | 686,4023 | -17,13513 | 0 | 0,51247 | 1,519707 |
| 27/06/05 | 11:33:46 | 488 | 3195,969 | 0 | 23,17358 | 677,5938 | -16,67212 | 0 | 0,511978 | 1,519455 |
| 27/06/05 | 11:33:56 | 496 | 3217,313 | 0 | 72,76465 | 672,4961 | -14,81964 | 0 | 0,510448 | 1,519753 |

27/06/05 11:34:06 448 1278,664 0 -9,732788 265,5703 -14,81964 0 0,001762 0,939117

Resultados Viga 11

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 06/07/05 | 10:46:00 | 496 | -0,462622 | -3,247284 | 0,919521 | 0,00065 | 0,38265 |
| 07/06/05 | 10:46:11 | 488 | 0,927513 | -2,783615 | -0,459597 | 0,000835 | 0,382553 |
| 07/06/05 | 10:46:21 | 496 | 19,46252 | 30,13867 | 20,68604 | 0,125282 | 0,447758 |
| 07/06/05 | 10:46:26 | 504 | 20,85266 | 28,74768 | 23,90381 | 0,139451 | 0,460434 |
| 07/06/05 | 10:46:31 | 504 | 23,63281 | 30,13867 | 24,82312 | 0,147324 | 0,466452 |
| 07/06/05 | 10:46:41 | 520 | 27,80322 | 61,66992 | 28,50061 | 0,171524 | 0,483419 |
| 07/06/05 | 10:46:51 | 528 | 30,5835 | 112,2129 | 33,55713 | 0,188158 | 0,498463 |
| 07/06/05 | 10:47:01 | 480 | 33,36377 | 150,6992 | 36,77515 | 0,205374 | 0,512962 |
| 07/06/05 | 10:47:11 | 496 | 28,72998 | 173,4199 | 28,04102 | 0,219982 | 0,523865 |
| 07/06/05 | 10:47:21 | 504 | 39,3877 | 186,4033 | 28,04089 | 0,23261 | 0,536194 |
| 07/06/05 | 10:47:31 | 512 | 44,48462 | 187,3311 | 33,09741 | 0,244249 | 0,544086 |
| 07/06/05 | 10:47:41 | 520 | 54,21558 | 193,3594 | 41,8313 | 0,254705 | 0,553062 |
| 07/06/05 | 10:47:51 | 480 | 86,18848 | 205,415 | 72,63037 | 0,273695 | 0,568947 |
| 07/06/05 | 10:48:01 | 488 | 123,7222 | 212,3711 | 102,5098 | 0,290268 | 0,581474 |
| 07/06/05 | 10:48:11 | 496 | 139,9395 | 216,0801 | 114,9214 | 0,29298 | 0,585667 |
| 07/06/05 | 10:48:21 | 504 | 164,9619 | 230,4551 | 135,1475 | 0,305559 | 0,59568 |
| 07/06/05 | 10:48:31 | 520 | 206,2031 | 231,3818 | 180,1973 | 0,327753 | 0,613434 |
| 07/06/05 | 10:48:41 | 472 | 239,5664 | 240,6563 | 210,5361 | 0,340233 | 0,624485 |
| 07/06/05 | 10:48:51 | 480 | 290,5371 | 252,249 | 252,8271 | 0,358482 | 0,639526 |
| 07/06/05 | 10:49:01 | 488 | 327,6074 | 252,7119 | 286,3848 | 0,364697 | 0,646381 |
| 07/06/05 | 10:49:11 | 504 | 385,0664 | 269,4043 | 340,168 | 0,381863 | 0,659306 |
| 07/06/05 | 10:49:21 | 520 | 464,3027 | 286,0977 | 406,8223 | 0,401789 | 0,675976 |
| 07/06/05 | 10:49:31 | 520 | 555,5859 | 301,8633 | 465,6621 | 0,416832 | 0,68816 |
| 07/06/05 | 10:49:41 | 480 | 632,9727 | 318,5566 | 527,2578 | 0,431629 | 0,700985 |
| 07/06/05 | 10:49:51 | 488 | 688,1133 | 335,7129 | 580,125 | 0,44105 | 0,709419 |
| 07/06/05 | 10:50:01 | 496 | 761,3281 | 344,9863 | 638,9648 | 0,453331 | 0,721008 |
| 07/06/05 | 10:50:11 | 504 | 819,7109 | 370,9551 | 695,043 | 0,466995 | 0,73275 |
| 07/06/05 | 10:50:21 | 520 | 866,9766 | 383,4746 | 729,0625 | 0,474985 | 0,740639 |
| 07/06/05 | 10:50:31 | 472 | 911,9219 | 401,5586 | 756,1836 | 0,4849 | 0,748089 |
| 07/06/05 | 10:50:41 | 480 | 975,4063 | 417,3242 | 825,5977 | 0,492346 | 0,757313 |
| 07/06/05 | 10:50:51 | 496 | 986,0625 | 437,2637 | 840,7656 | 0,494024 | 0,760616 |
| 07/06/05 | 10:51:01 | 504 | 997,6484 | 457,666 | 845,8203 | 0,498413 | 0,76545 |
| 07/06/05 | 10:51:11 | 520 | 1023,598 | 485,0234 | 872,4844 | 0,519623 | 0,778572 |
| 07/06/05 | 10:51:21 | 520 | 1054,18 | 538,8125 | 906,043 | 0,529438 | 0,789619 |
| 07/06/05 | 10:51:31 | 480 | 1093,102 | 595,3828 | 940,5156 | 0,548229 | 0,806637 |
| 07/06/05 | 10:51:41 | 488 | 1139,906 | 639,8984 | 960,2852 | 0,558933 | 0,817833 |
| 07/06/05 | 10:51:51 | 496 | 1174,656 | 686,7305 | 981,8906 | 0,571461 | 0,829472 |
| 07/06/05 | 10:52:01 | 504 | 1263,164 | 774,3672 | 1023,262 | 0,59499 | 0,850334 |
| 07/06/05 | 10:52:11 | 520 | 1338,227 | 966,3398 | 1071,984 | 0,611118 | 0,868191 |
| 07/06/05 | 10:52:21 | 472 | 1387,344 | 1062,32 | 1110,602 | 0,619896 | 0,877613 |
| 07/06/05 | 10:52:31 | 480 | 1442,023 | 1168,969 | 1157,484 | 0,638493 | 0,893002 |
| 07/06/05 | 10:52:41 | 496 | 1510,602 | 1317,352 | 1225,523 | 0,652992 | 0,908489 |
| 07/06/05 | 10:52:51 | 504 | 1557,867 | 1432,352 | 1274,25 | 0,662659 | 0,920029 |
| 07/06/05 | 10:53:01 | 512 | 1606,523 | 1535,758 | 1340,906 | 0,674892 | 0,932362 |
| 07/06/05 | 10:53:11 | 520 | 1653,789 | 1610,875 | 1387,789 | 0,68821 | 0,943756 |
| 07/06/05 | 10:53:21 | 480 | 1727,93 | 1711,031 | 1478,352 | 0,700787 | 0,958355 |
| 07/06/05 | 10:53:31 | 496 | 1770,555 | 1761,109 | 1535,352 | 0,704388 | 0,965111 |
| 07/06/05 | 10:53:41 | 496 | 1815,039 | 1852,461 | 1597,867 | 0,722046 | 0,98045 |
| 07/06/05 | 10:53:51 | 504 | 1812,727 | 2037,008 | 1607,063 | 0,733192 | 0,996384 |
| 07/06/05 | 10:54:01 | 520 | 1762,68 | 2303,625 | 1590,055 | 0,743156 | 1,014038 |
| 07/06/05 | 10:54:11 | 472 | 1736,266 | 2371,328 | 1586,375 | 0,736397 | 1,015419 |
| 07/06/05 | 10:54:21 | 480 | 1719,586 | 2394,984 | 1574,883 | 0,733391 | 1,015762 |
| 07/06/05 | 10:54:31 | 496 | 1710,32 | 2409,813 | 1570,289 | 0,731319 | 1,015915 |
| 07/06/05 | 10:54:41 | 504 | 1705,219 | 2420,016 | 1565,688 | 0,731911 | 1,016304 |
| 07/06/05 | 10:54:51 | 512 | 1700,586 | 2437,641 | 1563,391 | 0,731663 | 1,017784 |
| 07/06/05 | 10:55:01 | 520 | 1694,102 | 2447,844 | 1558,797 | 0,730728 | 1,017937 |
| 07/06/05 | 10:55:11 | 480 | 1686,688 | 2452,938 | 1560,633 | 0,728901 | 1,018036 |
| 07/06/05 | 10:55:21 | 488 | 1692,25 | 2470,094 | 1563,391 | 0,728653 | 1,018135 |
| 07/06/05 | 10:55:31 | 496 | 1677,883 | 2467,313 | 1551,438 | 0,72747 | 1,017494 |
| 07/06/05 | 10:55:41 | 504 | 1675,102 | 2470,094 | 1550,523 | 0,726089 | 1,017693 |
| 07/06/05 | 10:55:51 | 520 | 1679,273 | 2583,703 | 1563,391 | 0,753265 | 1,036133 |
| 07/06/05 | 10:56:01 | 528 | 1653,789 | 2708,438 | 1551,898 | 0,762394 | 1,04689 |
| 07/06/05 | 10:56:11 | 480 | 1635,719 | 2839,203 | 1550,977 | 0,777584 | 1,064445 |
| 07/06/05 | 10:56:21 | 496 | 1586,133 | 2878,609 | 1540,406 | 0,788879 | 1,087532 |
| 07/06/05 | 10:56:31 | 504 | 1531,453 | 2747,391 | 1520,641 | 0,797855 | 1,109528 |
| 07/06/05 | 10:56:41 | 512 | 1511,531 | 2721,891 | 1524,32 | 0,816402 | 1,136162 |
| 07/06/05 | 10:56:51 | 520 | 1480,023 | 2614,766 | 1514,203 | 0,822716 | 1,151604 |
| 07/06/05 | 10:57:01 | 480 | 1474,461 | 2557,734 | 1518,344 | 0,833813 | 1,169998 |
| 07/06/05 | 10:57:11 | 488 | 1464,727 | 2518,328 | 1516,5 | 0,828533 | 1,171036 |
| 07/06/05 | 10:57:21 | 496 | 1469,828 | 2520,641 | 1531,211 | 0,840324 | 1,181839 |
| 07/06/05 | 10:57:31 | 504 | 1464,266 | 2513,688 | 1531,211 | 0,861977 | 1,204872 |
| 07/06/05 | 10:57:41 | 520 | 1461,023 | 2474,266 | 1536,727 | 0,867599 | 1,216515 |
| 07/06/05 | 10:57:51 | 472 | 1458,242 | 2449,234 | 1545,008 | 0,880619 | 1,235405 |
| 07/06/05 | 10:58:01 | 480 | 1456,852 | 2419,563 | 1552,359 | 0,889549 | 1,248619 |
| 07/06/05 | 10:58:11 | 496 | 1463,805 | 2367,625 | 1577,641 | 0,909378 | 1,274567 |
| 07/06/05 | 10:58:21 | 504 | 1460,563 | 2295,75 | 1580,398 | 0,911842 | 1,286552 |
| 07/06/05 | 10:58:31 | 512 | 1461,023 | 2266,531 | 1591,43 | 0,919289 | 1,2976 |
| 07/06/05 | 10:58:41 | 528 | 1454,07 | 2210,891 | 1589,594 | 0,928612 | 1,312645 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 07/06/05 | 10:58:51 | 480 | 1448,047 | 2137,172 | 1592,352 | 0,945187 | 1,334694 |
| 07/06/05 | 10:59:01 | 488 | 1443,875 | 2048,141 | 1593,273 | 0,937096 | 1,339577 |
| 07/06/05 | 10:59:11 | 496 | 1452,219 | 1997,133 | 1608,898 | 0,949821 | 1,359993 |
| 07/06/05 | 10:59:21 | 504 | 1441,094 | 1914,594 | 1608,898 | 0,957466 | 1,382584 |
| 07/06/05 | 10:59:31 | 520 | 1453,148 | 1843,648 | 1617,633 | 0,956577 | 1,409416 |
| 07/06/05 | 10:59:41 | 472 | 1433,219 | 1805,625 | 1616,258 | 0,956676 | 1,431862 |
| 07/06/05 | 10:59:51 | 480 | 1428,125 | 1788,469 | 1616,258 | 0,943855 | 1,435654 |
| 07/06/05 | 11:00:01 | 496 | 1425,805 | 1775,023 | 1606,602 | 0,940006 | 1,436592 |
| 07/06/05 | 11:00:11 | 504 | 1423,953 | 1767,141 | 1608,438 | 0,936405 | 1,43679 |
| 07/06/05 | 11:00:21 | 512 | 1425,344 | 1765,281 | 1610,742 | 0,935913 | 1,436295 |
| 07/06/05 | 11:00:31 | 520 | 1423,023 | 1763,891 | 1619,477 | 0,932903 | 1,43689 |
| 07/06/05 | 11:00:41 | 480 | 1442,484 | 1768,07 | 1628,211 | 0,948391 | 1,457214 |
| 07/06/05 | 11:00:51 | 488 | 1428,125 | 1755,547 | 1618,555 | 0,950462 | 1,483948 |
| 07/06/05 | 11:01:01 | 496 | 1423,492 | 1745,813 | 1621,313 | 0,944397 | 1,530701 |
| 07/06/05 | 11:01:11 | 504 | 1429,047 | 1760,188 | 1630,969 | 0,962795 | 1,600151 |
| 07/06/05 | 11:01:21 | 520 | 1432,758 | 1745,813 | 1644,297 | 0,974091 | 1,664665 |
| 07/06/05 | 11:01:31 | 472 | 1435,539 | 1692,484 | 1642,461 | 0,978477 | 1,785606 |
| 07/06/05 | 11:01:41 | 480 | 1429,047 | 1636,375 | 1647,055 | 0,96743 | 1,907684 |
| 07/06/05 | 11:01:51 | 496 | 1431,828 | 1614,117 | 1645,219 | 0,955196 | 1,91069 |
| 07/06/05 | 11:02:01 | 504 | 1437,852 | 1614,117 | 1644,758 | 0,950859 | 1,911133 |
| 07/06/05 | 11:02:11 | 512 | 1436,461 | 1610,875 | 1646,133 | 0,948982 | 1,911583 |
| 07/06/05 | 11:02:21 | 520 | 1426,273 | 1600,672 | 1648,438 | 0,948391 | 1,911629 |
| 07/06/05 | 11:02:31 | 480 | 1421,633 | 1602,992 | 1637,859 | 0,946667 | 1,911728 |
| 07/06/05 | 11:02:41 | 488 | 1425,344 | 1602,063 | 1652,57 | 0,945137 | 1,911926 |
| 07/06/05 | 11:02:51 | 496 | 1426,273 | 1599,281 | 1645,219 | 0,943756 | 1,911972 |
| 07/06/05 | 11:03:01 | 504 | 1420,711 | 1598,82 | 1648,43 | 0,942818 | 1,911674 |
| 07/06/05 | 11:03:11 | 520 | 1418,391 | 1592,789 | 1647,055 | 0,943607 | 1,911827 |
| 07/06/05 | 11:03:21 | 472 | 1418,391 | 1592,789 | 1650,734 | 0,940895 | 1,911873 |
| 07/06/05 | 11:03:31 | 480 | 1416,539 | 1591,859 | 1647,516 | 0,941635 | 1,911674 |
| 07/06/05 | 11:03:41 | 496 | 1420,242 | 1586,297 | 1652,109 | 0,939957 | 1,911629 |
| 07/06/05 | 11:03:51 | 504 | 1423,492 | 1582,586 | 1648,438 | 0,939266 | 1,911674 |
| 07/06/05 | 11:04:01 | 512 | 1423,023 | 1585,367 | 1656,711 | 0,938923 | 1,911972 |
| 07/06/05 | 11:04:11 | 680 | 830,3711 | 162,292 | 811,3438 | 0,002974 | 1,072784 |
| 07/06/05 | 11:04:22 | 520 | 812,7617 | 165,0742 | 798,4766 | 0,002254 | 1,067802 |
| 07/06/05 | 11:04:32 | 480 | 808,5898 | 168,7832 | 794,7969 | 0,000377 | 1,066467 |

B.6. LAMINADOS EM L ENTRE ESTRIBOS

Resultados Viga 19

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|-----------|-------------------------|-----------|------------|------------|----------|----------|
| 25/08/05 | 0,4178819 | 488 | 5.992.645 | -1.848.778 | 0.000329 | 0,002058 | 0,300428 |
| 25/08/05 | 0,4179977 | 496 | 7.836.029 | -0.464025 | -1.839.928 | 0,001961 | 0,299688 |
| 25/08/05 | 0,4181134 | 456 | 7.836.029 | 0.459068 | -0.9198 | 0,002293 | 0,300282 |
| 25/08/05 | 0,4181713 | 456 | 783.609 | -0.002478 | -137.986 | 0,002217 | 0,300329 |
| 25/08/05 | 0,4182292 | 464 | 6.453.522 | -0.002478 | -0.459845 | 0,084575 | 0,357447 |
| 25/08/05 | 0,4183449 | 472 | 36.884 | 1.843.872 | -2.299.881 | 0,124028 | 0,382898 |
| 25/08/05 | 0,4184606 | 488 | 4.610.107 | 2.767.029 | -4.140.137 | 0,154884 | 0,404749 |
| 25/08/05 | 0,4185764 | 496 | 5.070.923 | 8.767.578 | -6.440.338 | 0,178581 | 0,424330 |
| 25/08/05 | 0,4186921 | 448 | 783.609 | 9.690.735 | -874.054 | 0,185823 | 0,432369 |
| 25/08/05 | 0,4188079 | 456 | 6.914.398 | 1.199.866 | -1.196.088 | 0,205702 | 0,447708 |
| 25/08/05 | 0,4189236 | 472 | 124.447 | 2.076.868 | -1.794.141 | 0,222498 | 0,464725 |
| 25/08/05 | 0,4190394 | 480 | 2.166.174 | 295.387 | -2.116.174 | 0,240649 | 0,480804 |
| 25/08/05 | 0,4191551 | 488 | 4.516.553 | 4.200.146 | -1.978.149 | 0,265755 | 0,504578 |
| 25/08/05 | 0,4192708 | 496 | 9.263.379 | 5.400.244 | -6.440.338 | 0,290119 | 0,526821 |
| 25/08/05 | 0,4193866 | 456 | 1.474.756 | 7.754.297 | 9.661.255 | 0,313648 | 0,549412 |
| 25/08/05 | 0,4195023 | 464 | 1.751.279 | 9.692.969 | 1.472.162 | 0,326275 | 0,562927 |
| 25/08/05 | 0,4196181 | 472 | 204.623 | 1.278.555 | 2.392.261 | 0,335104 | 0,574322 |
| 25/08/05 | 0,4197338 | 488 | 2.110.742 | 1.292.402 | 2.760.291 | 0,333426 | 0,573879 |
| 25/08/05 | 0,4198495 | 496 | 2.166.045 | 1.333.945 | 3.266.333 | 0,331947 | 0,574421 |
| 25/08/05 | 0,4199653 | 504 | 2.198.311 | 1.347.793 | 3.312.329 | 0,331059 | 0,573879 |
| 25/08/05 | 0,420081 | 456 | 2.189.092 | 1.403.184 | 335.835 | 0,331108 | 0,573780 |
| 25/08/05 | 0,4201968 | 472 | 2.225.957 | 1.384.717 | 3.312.329 | 0,342108 | 0,581474 |
| 25/08/05 | 0,4203125 | 480 | 3.474.883 | 1.652.432 | 1.025.898 | 0,367361 | 0,605495 |
| 25/08/05 | 0,4204282 | 488 | 4.313.652 | 184.168 | 1.835.576 | 0,387978 | 0,628281 |
| 25/08/05 | 0,420544 | 496 | 4.654.688 | 2.127.861 | 2.176.006 | 0,416340 | 0,655064 |
| 25/08/05 | 0,4206597 | 456 | 4.889.727 | 2.381.738 | 2.387.627 | 0,432615 | 0,672771 |
| 25/08/05 | 0,4207755 | 464 | 5.069.453 | 2.630.977 | 2.493.438 | 0,451359 | 0,690823 |
| 25/08/05 | 0,4208912 | 472 | 5.382.852 | 3.069.492 | 2.631.445 | 0,479967 | 0,717854 |
| 25/08/05 | 0,4210069 | 488 | 5.811.445 | 3.946.504 | 2.866.074 | 0,511189 | 0,753811 |
| 25/08/05 | 0,4211227 | 496 | 6.124.805 | 5.054.297 | 3.050.098 | 0,532593 | 0,776695 |
| 25/08/05 | 0,4212384 | 448 | 6.488.906 | 6.439.023 | 3.270.918 | 0,563076 | 0,808559 |
| 25/08/05 | 0,4213542 | 456 | 6.820.703 | 7.606.836 | 3.487.129 | 0,585468 | 0,833271 |
| 25/08/05 | 0,4214699 | 472 | 7.341.484 | 9.466.992 | 3.947.168 | 0,610523 | 0,863308 |
| 25/08/05 | 0,4215856 | 480 | 7.797.734 | 1.168.719 | 4.338.223 | 0,634743 | 0,898674 |
| 25/08/05 | 0,421713 | 480 | 812.957 | 1.418.438 | 4.692.441 | 0,647961 | 0,933102 |

| | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 25/08/05 | 0,4218287 | 488 | 8.304.688 | 1.501.523 | 4.871.875 | 0,658962 | 0,951351 |
| 25/08/05 | 0,4219444 | 504 | 8.581.211 | 1.655.227 | 5.124.883 | 0,664585 | 0,988541 |
| 25/08/05 | 0,4220602 | 456 | 8.650.313 | 1.688 | 5.442.305 | 0,660885 | 1,025.826 |
| 25/08/05 | 0,4221759 | 464 | 8.724.063 | 1.702.313 | 5.552.734 | 0,669220 | 1,071.747 |
| 25/08/05 | 0,4222917 | 472 | 8.751.719 | 1.704.617 | 5.617.109 | 0,660637 | 1,110.519 |
| 25/08/05 | 0,4224074 | 480 | 8.788.594 | 1.720.313 | 571.375 | 0,665916 | 1,150.322 |
| 25/08/05 | 0,4225231 | 496 | 8.770.156 | 1.714.313 | 571.375 | 0,654621 | 1,154.564 |
| 25/08/05 | 0,4226389 | 448 | 8.760.938 | 1.711.539 | 5.736.758 | 0,651268 | 1,154.762 |
| 25/08/05 | 0,4227546 | 456 | 8.770.156 | 1.710.156 | 5.736.758 | 0,652103 | 1,159.248 |
| 25/08/05 | 0,4228704 | 472 | 8.770.156 | 1.708.313 | 5.718.359 | 0,652500 | 1,162.109 |
| 25/08/05 | 0,4229861 | 480 | 8.770.156 | 1.708.313 | 5.759.727 | 0,651810 | 1,163.589 |
| 25/08/05 | 0,4231019 | 488 | 8.756.328 | 1.708.773 | 5.773.555 | 0,650181 | 1,162.453 |
| 25/08/05 | 0,4232176 | 496 | 8.765.547 | 1.707.852 | 5.778.125 | 0,777386 | 1,162.308 |
| 25/08/05 | 0,4233333 | 456 | 8.770.156 | 1.709.234 | 5.782.734 | 0,777092 | 1,162.354 |
| 25/08/05 | 0,4234491 | 464 | 8.765.547 | 1.708.773 | 5.791.953 | 0,769100 | 1,162.254 |
| 25/08/05 | 0,4235648 | 472 | 8.751.719 | 1.707.383 | 5.814.961 | 0,769150 | 1,162.506 |
| 25/08/05 | 0,4236806 | 480 | 8.756.328 | 1.706.922 | 5.787.344 | 0,840275 | 1,162.155 |
| 25/08/05 | 0,4237963 | 496 | 8.765.547 | 1.706.922 | 5.810.352 | 0,841507 | 1,163.391 |
| 25/08/05 | 0,423912 | 504 | 8.774.766 | 1718.93 | 5.837.969 | 0,840374 | 1,162.056 |
| 25/08/05 | 0,4240278 | 456 | 8.747.109 | 1.711.078 | 5.856.367 | 0,839634 | 1,163.193 |
| 25/08/05 | 0,4241435 | 472 | 8.770.156 | 1712.93 | 5.847.148 | 0,842789 | 1,163.788 |
| 25/08/05 | 0,4242593 | 480 | 8.793.203 | 1.721.234 | 5.874.766 | 0,848167 | 1,168.175 |
| 25/08/05 | 0,424375 | 488 | 8.839.297 | 1730.93 | 5.906.953 | 0,851719 | 1,172.417 |
| 25/08/05 | 0,4244907 | 496 | 8.820.859 | 1730.93 | 5.920.742 | 0,849598 | 117.276 |
| 25/08/05 | 0,4246065 | 456 | 8.936.055 | 1760.93 | 6.026.563 | 0,861877 | 1,209.259 |
| 25/08/05 | 0,4247222 | 464 | 9.009.805 | 1.778.469 | 6.100.156 | 0,866467 | 128.157 |
| 25/08/05 | 0,424838 | 472 | 9.014.414 | 1.781.242 | 6.136.992 | 0,866661 | 134.845 |
| 25/08/05 | 0,4249537 | 488 | 9.037.461 | 1.784.469 | 6.155.391 | 0,866417 | 1,405.815 |
| 25/08/05 | 0,4250694 | 496 | 904.207 | 1.792.781 | 616.918 | 0,867992 | 1,456.665 |
| 25/08/05 | 0,4251968 | 496 | 9.032.852 | 1.793.242 | 6.187.578 | 0,862320 | 1,460.464 |
| 25/08/05 | 0,4253125 | 448 | 904.207 | 1.792.781 | 6.196.797 | 0,859657 | 1,461.159 |
| 25/08/05 | 0,4254282 | 456 | 9.060.508 | 1.800.625 | 6.233.594 | 0,869228 | 1,460.167 |
| 25/08/05 | 0,425544 | 472 | 9.088.125 | 1.805.242 | 6.265.781 | 0,870312 | 1,460.564 |
| 25/08/05 | 0,4256597 | 480 | 9.106.563 | 1.802.469 | 6.279.609 | 0,870510 | 1,459.976 |
| 25/08/05 | 0,4257755 | 488 | 9.138.828 | 1810.32 | 6.334.805 | 0,873024 | 1,459.824 |
| 25/08/05 | 0,4258912 | 496 | 9.129.609 | 1.813.086 | 6.343.984 | 0,871250 | 1,459.579 |
| 25/08/05 | 0,4260069 | 456 | 9.148.047 | 1.807.086 | 6.362.383 | 0,866810 | 1,459.236 |
| 25/08/05 | 0,4261227 | 464 | 9.152.656 | 1804.32 | 6.394.609 | 0,865677 | 146.032 |
| 25/08/05 | 0,4262384 | 472 | 9.143.438 | 1.795.547 | 639 | 0,858376 | 1,459.084 |
| 25/08/05 | 0,4263542 | 488 | 9.152.656 | 1.796.469 | 639 | 0,862370 | 1,459.282 |
| 25/08/05 | 0,4264699 | 496 | 9.138.828 | 1.794.164 | 6.376.211 | 0,858276 | 1,459.038 |
| 25/08/05 | 0,4265856 | 504 | 9.129.609 | 1.790.469 | 6.385.391 | 0,854725 | 1,458.786 |
| 25/08/05 | 0,4267014 | 456 | 9.115.781 | 1.788.164 | 639 | 0,853050 | 1,460.121 |
| 25/08/05 | 0,4268171 | 472 | 912.5 | 1.786.781 | 638.082 | 0,851570 | 1,458.542 |
| 25/08/05 | 0,4269329 | 480 | 9.143.438 | 1786.32 | 6.394.609 | 0,850979 | 1,459.724 |
| 25/08/05 | 0,4270486 | 488 | 9.115.781 | 1.785.859 | 6.394.609 | 0,087290 | 1,458.344 |
| 25/08/05 | 0,4271644 | 496 | 912.5 | 1.785.391 | 6.408.398 | 0,849499 | 1,459.038 |
| 25/08/05 | 0,4272801 | 456 | 9.111.172 | 1.782.625 | 6.394.609 | 0,848167 | 1,458.244 |
| 25/08/05 | 0,4273958 | 464 | 9.120.391 | 1784.93 | 6.408.398 | 0,817387 | 1,458.641 |
| 25/08/05 | 0,4275116 | 472 | 9.120.391 | 1.782.625 | 6.413.008 | 0,826168 | 1,458.046 |
| 25/08/05 | 0,4276273 | 488 | 9.115.781 | 1.782.625 | 6.426.797 | 0,856304 | 1,457.703 |
| 25/08/05 | 0,4277431 | 496 | 9.101.953 | 1.781.703 | 6.431.406 | 0,856697 | 1,457.901 |
| 25/08/05 | 0,4278588 | 456 | 9.115.781 | 1.783.086 | 6.436.016 | 0,856453 | 1,457.603 |
| 25/08/05 | 0,4279745 | 456 | 9.129.609 | 1780.32 | 6.417.617 | 0,856453 | 1,458.595 |
| 25/08/05 | 0,4280903 | 472 | 4.009.473 | 6.055.898 | 2.787.871 | 0,205827 | 0,951054 |
| 25/08/05 | 0,428206 | 480 | 3.617.754 | 5.677.422 | 2.544.043 | 0,205037 | 1,025.726 |
| 25/08/05 | 0,4283218 | 488 | 3.585.488 | 563.125 | 2.530.244 | 0,205531 | 1,045.456 |
| 25/08/05 | 0,4284375 | 496 | 3.567.051 | 5.626.641 | 2.521.045 | -0,058055 | 0 |
| 25/08/05 | 0,4285532 | 456 | 3.539.414 | 5.603.555 | 2.502.637 | -0,073669 | 0 |
| 25/08/05 | 0,4286806 | 456 | 3.548.613 | 5.622.031 | 2.507.236 | -0,031985 | 0 |
| 25/08/05 | 0,4287963 | 464 | 3.539.414 | 5.594.336 | 2.507.236 | -0,069659 | 0 |
| 25/08/05 | 0,428912 | 472 | 3.534.805 | 5.585.117 | 2.488.838 | -0,057943 | 0 |

Resultados Viga 20

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 26/08/05 | 10:25:00 | 496 | 2,768921 | -0,002862 | 1,381485 | -0,00033 | 0,30551 |
| 26/08/05 | 10:25:10 | 504 | 2,307831 | 0,91988 | 1,841507 | 0,010654 | 0,30541 |
| 26/08/05 | 10:25:20 | 512 | -0,920094 | -4,616364 | -0,91861 | 0,10352 | 0,354486 |
| 26/08/05 | 10:25:25 | 520 | -1,842339 | -7,38443 | -4,598541 | 0,110372 | 0,365339 |
| 26/08/05 | 10:25:30 | 520 | -2,303482 | -6,000366 | -3,678513 | 0,116872 | 0,371653 |
| 26/08/05 | 10:25:40 | 528 | 1,846626 | 0,458509 | 1,381485 | 0,129815 | 0,387188 |
| 26/08/05 | 10:25:50 | 488 | 2,768921 | 0,91988 | 1,381371 | 0,146034 | 0,404354 |
| 26/08/05 | 10:26:00 | 496 | 3,691223 | -0,002807 | 0,461447 | 0,161795 | 0,418707 |
| 26/08/05 | 10:26:10 | 512 | 3,691162 | 4,610687 | 7,361511 | 0,170855 | 0,429558 |
| 26/08/05 | 10:26:20 | 520 | 3,230072 | 5,994751 | 7,821533 | 0,182752 | 0,443419 |
| 26/08/05 | 10:26:30 | 528 | 5,074554 | 11,53094 | 9,661499 | 0,196041 | 0,455057 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 26/08/05 | 10:26:40 | 536 | 4,613403 | 13,83765 | 12,42139 | 0,203001 | 0,462999 |
| 26/08/05 | 10:26:50 | 496 | 6,919098 | 14,76044 | 12,88141 | 0,212373 | 0,475775 |
| 26/08/05 | 10:27:00 | 504 | 4,613464 | 19,83521 | 14,26147 | 0,220821 | 0,485985 |
| 26/08/05 | 10:27:10 | 512 | 4,613464 | 22,60339 | 14,26147 | 0,236407 | 0,498659 |
| 26/08/05 | 10:27:20 | 520 | 6,457947 | 25,83276 | 14,26147 | 0,249824 | 0,512222 |
| 26/08/05 | 10:27:30 | 528 | 8,30249 | 25,37146 | 16,10144 | 0,261364 | 0,523369 |
| 26/08/05 | 10:27:40 | 488 | 12,45258 | 27,21692 | 15,18152 | 0,25811 | 0,526478 |
| 26/08/05 | 10:27:50 | 496 | 27,20862 | 49,823 | 16,10144 | 0,266247 | 0,532349 |
| 26/08/05 | 10:28:00 | 504 | 25,8252 | 51,66846 | 12,88141 | 0,273005 | 0,539547 |
| 26/08/05 | 10:28:10 | 520 | 28,59204 | 56,74341 | 12,42151 | 0,287161 | 0,553654 |
| 26/08/05 | 10:28:20 | 528 | 30,89771 | 57,20459 | 9,201477 | 0,303535 | 0,566875 |
| 26/08/05 | 10:28:30 | 480 | 30,89771 | 59,51147 | 10,12152 | 0,31419 | 0,581573 |
| 26/08/05 | 10:28:40 | 496 | 35,96997 | 68,73828 | 10,58142 | 0,333525 | 0,599277 |
| 26/08/05 | 10:28:50 | 504 | 56,7207 | 71,04492 | 16,5614 | 0,347532 | 0,615112 |
| 26/08/05 | 10:29:00 | 512 | 92,68848 | 72,4292 | 40,02124 | 0,350639 | 0,622459 |
| 26/08/05 | 10:29:10 | 520 | 110,2114 | 68,27686 | 46,46143 | 0,370863 | 0,640614 |
| 26/08/05 | 10:29:21 | 520 | 128,6563 | 68,73828 | 53,36133 | 0,389557 | 0,659107 |
| 26/08/05 | 10:29:31 | 536 | 137,418 | 72,89063 | 55,66113 | 0,396315 | 0,668137 |
| 26/08/05 | 10:29:41 | 488 | 170,6191 | 81,19482 | 57,50122 | 0,404009 | 0,678047 |
| 26/08/05 | 10:29:51 | 496 | 164,1631 | 69,19971 | 57,04126 | 0,397743 | 0,680466 |
| 26/08/05 | 10:30:01 | 504 | 172,4639 | 71,96777 | 59,34131 | 0,407066 | 0,687126 |
| 26/08/05 | 10:30:11 | 520 | 180,7637 | 74,27441 | 60,26123 | 0,416241 | 0,696003 |
| 26/08/05 | 10:30:21 | 528 | 194,5977 | 77,04248 | 62,10132 | 0,434687 | 0,710751 |
| 26/08/05 | 10:30:31 | 480 | 234,7158 | 82,57861 | 63,48145 | 0,449434 | 0,728359 |
| 26/08/05 | 10:30:41 | 488 | 258,2324 | 89,0376 | 64,86133 | 0,459398 | 0,736843 |
| 26/08/05 | 10:30:51 | 504 | 282,2109 | 93,18994 | 63,94116 | 0,474886 | 0,750652 |
| 26/08/05 | 10:31:01 | 512 | 305,7285 | 102,8784 | 64,86084 | 0,486872 | 0,763477 |
| 26/08/05 | 10:31:11 | 520 | 333,3965 | 113,0283 | 64,40137 | 0,498611 | 0,777336 |
| 26/08/05 | 10:31:21 | 536 | 399,3379 | 141,6318 | 65,32129 | 0,514194 | 0,798744 |
| 26/08/05 | 10:31:31 | 488 | 421,0117 | 179,001 | 67,16113 | 0,527466 | 0,811024 |
| 26/08/05 | 10:31:41 | 496 | 437,1504 | 207,6045 | 70,84131 | 0,53442 | 0,820347 |
| 26/08/05 | 10:31:51 | 504 | 455,1348 | 237,1318 | 73,60107 | 0,550301 | 0,837315 |
| 26/08/05 | 10:32:01 | 520 | 478,1914 | 269,8867 | 71,76123 | 0,557205 | 0,849842 |
| 26/08/05 | 10:32:11 | 528 | 504,9355 | 296,6445 | 72,68115 | 0,566429 | 0,860397 |
| 26/08/05 | 10:32:21 | 480 | 524,7656 | 321,0977 | 77,28125 | 0,580486 | 0,875637 |
| 26/08/05 | 10:32:31 | 496 | 544,1328 | 341,8574 | 77,74121 | 0,583889 | 0,881359 |
| 26/08/05 | 10:32:41 | 504 | 572,7227 | 375,5371 | 78,66113 | 0,602089 | 0,90242 |
| 26/08/05 | 10:32:51 | 512 | 589,3203 | 384,3027 | 80,96094 | 0,60796 | 0,910019 |
| 26/08/05 | 10:33:01 | 520 | 598,082 | 386,6094 | 82,34131 | 0,604458 | 0,910954 |
| 26/08/05 | 10:33:11 | 536 | 601,3125 | 383,8398 | 84,64111 | 0,60569 | 0,911003 |
| 26/08/05 | 10:33:21 | 488 | 599,9297 | 385,6855 | 82,80127 | 0,601597 | 0,911003 |
| 26/08/05 | 10:33:31 | 496 | 599,4648 | 385,6855 | 83,26123 | 0,601204 | 0,911301 |
| 26/08/05 | 10:33:41 | 504 | 601,3125 | 387,0703 | 84,64111 | 0,598835 | 0,9114 |
| 26/08/05 | 10:33:51 | 520 | 613,7617 | 395,375 | 84,18115 | 0,61092 | 0,923828 |
| 26/08/05 | 10:34:01 | 536 | 628,0547 | 413,3672 | 86,94092 | 0,628578 | 0,939758 |
| 26/08/05 | 10:34:11 | 512 | 648,3477 | 431,3594 | 89,24121 | 0,637997 | 0,952633 |
| 26/08/05 | 10:34:21 | 488 | 667,2539 | 452,1211 | 92,00098 | 0,656494 | 0,966297 |
| 26/08/05 | 10:34:31 | 504 | 693,9961 | 481,6465 | 92,00098 | 0,669121 | 0,985382 |
| 26/08/05 | 10:34:41 | 512 | 720,2813 | 500,1016 | 96,60107 | 0,685547 | 1,007088 |
| 26/08/05 | 10:34:51 | 520 | 749,332 | 507,0215 | 101,6611 | 0,702118 | 1,027504 |
| 26/08/05 | 10:35:01 | 536 | 759,9375 | 503,793 | 105,8013 | 0,70192 | 1,031944 |
| 26/08/05 | 10:35:11 | 488 | 786,2227 | 518,0938 | 109,481 | 0,716572 | 1,050781 |
| 26/08/05 | 10:35:21 | 496 | 809,7422 | 533,7773 | 111,7813 | 0,731022 | 1,071205 |
| 26/08/05 | 10:35:31 | 504 | 827,7266 | 544,8516 | 115,9209 | 0,739063 | 1,083191 |
| 26/08/05 | 10:35:41 | 520 | 873,8359 | 555,9258 | 120,521 | 0,758938 | 1,108246 |
| 26/08/05 | 10:35:51 | 528 | 922,7188 | 480,7246 | 132,0205 | 0,770924 | 1,127632 |
| 26/08/05 | 10:36:01 | 480 | 942,5469 | 417,5195 | 145,3604 | 0,766438 | 1,13858 |
| 26/08/05 | 10:36:11 | 496 | 962,8359 | 344,1641 | 160,0811 | 0,778717 | 1,153473 |
| 26/08/05 | 10:36:21 | 504 | 971,1367 | 331,709 | 167,9004 | 0,775761 | 1,157471 |
| 26/08/05 | 10:36:31 | 512 | 973,9023 | 330,7852 | 171,1211 | 0,775364 | 1,158112 |
| 26/08/05 | 10:36:41 | 520 | 985,4297 | 329,4004 | 175,7207 | 0,791492 | 1,174538 |
| 26/08/05 | 10:36:51 | 536 | 1008,027 | 326,6328 | 181,2412 | 0,801506 | 1,191452 |
| 26/08/05 | 10:37:01 | 488 | 1030,156 | 322,4805 | 186,7607 | 0,811913 | 1,208672 |
| 26/08/05 | 10:37:11 | 496 | 1052,75 | 318,3281 | 196,8809 | 0,819855 | 1,225838 |
| 26/08/05 | 10:37:21 | 504 | 1060,133 | 320,1738 | 194,1211 | 0,824936 | 1,249901 |
| 26/08/05 | 10:37:31 | 520 | 1067,508 | 320,1738 | 197,8008 | 0,834602 | 1,26741 |
| 26/08/05 | 10:37:41 | 528 | 1072,117 | 318,3281 | 197,8008 | 0,830654 | 1,274071 |
| 26/08/05 | 10:37:51 | 480 | 1079,961 | 318,3281 | 199,1807 | 0,834846 | 1,297554 |
| 26/08/05 | 10:38:01 | 496 | 1083,648 | 320,6348 | 202,4004 | 0,831642 | 1,325172 |
| 26/08/05 | 10:38:11 | 504 | 1090,102 | 318,791 | 205,1611 | 0,834061 | 1,350769 |
| 26/08/05 | 10:38:21 | 512 | 1094,719 | 321,5586 | 208,8408 | 0,838203 | 1,375725 |
| 26/08/05 | 10:38:31 | 520 | 1094,719 | 319,7129 | 207,4609 | 0,831692 | 1,37706 |
| 26/08/05 | 10:38:41 | 536 | 1101,633 | 322,0195 | 209,7607 | 0,842346 | 1,395164 |
| 26/08/05 | 10:38:51 | 488 | 1105,32 | 320,1738 | 211,6006 | 0,84639 | 1,412674 |
| 26/08/05 | 10:39:01 | 496 | 1108,086 | 320,6348 | 211,6006 | 0,847523 | 1,43087 |
| 26/08/05 | 10:39:11 | 544 | 1107,164 | 320,1738 | 213,4404 | 0,846981 | 1,45208 |
| 26/08/05 | 10:39:21 | 520 | 1106,242 | 320,6348 | 214,8213 | 0,839928 | 1,469543 |
| 26/08/05 | 10:39:31 | 528 | 1107,164 | 317,4063 | 215,2813 | 0,835541 | 1,496964 |
| 26/08/05 | 10:39:41 | 480 | 1109,93 | 319,7129 | 215,2813 | 0,838303 | 1,519257 |
| 26/08/05 | 10:39:51 | 488 | 1112,242 | 320,1738 | 218,041 | 0,843975 | 1,543922 |
| 26/08/05 | 10:40:01 | 504 | 1118,234 | 322,4805 | 220,3408 | 0,844021 | 1,569672 |
| 26/08/05 | 10:40:11 | 512 | 1121 | 321,5586 | 220,8008 | 0,843235 | 1,595856 |
| 26/08/05 | 10:40:21 | 520 | 1121 | 314,1758 | 220,8008 | 0,832531 | 1,621605 |
| 26/08/05 | 10:40:31 | 536 | 1117,773 | 312,793 | 220,8008 | 0,833172 | 1,648041 |
| 26/08/05 | 10:40:41 | 488 | 1116,852 | 310,9473 | 218,501 | 0,832973 | 1,670341 |
| 26/08/05 | 10:40:51 | 496 | 1116,391 | 309,5625 | 221,2607 | 0,832432 | 1,687553 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 26/08/05 | 10:41:01 | 504 | 1119,156 | 310,4863 | 219,8809 | 0,833664 | 1,707825 |
| 26/08/05 | 10:41:11 | 520 | 1123,766 | 311,4082 | 222,1807 | 0,840469 | 1,735596 |
| 26/08/05 | 10:41:21 | 528 | 1126,531 | 310,4863 | 221,2607 | 0,839386 | 1,765289 |
| 26/08/05 | 10:41:31 | 480 | 1130,227 | 308,6406 | 221,7207 | 0,840324 | 1,795425 |
| 26/08/05 | 10:41:41 | 488 | 1130,227 | 309,5625 | 220,3408 | 0,843136 | 1,822502 |
| 26/08/05 | 10:41:51 | 504 | 1132,07 | 307,2559 | 223,1006 | 0,840027 | 1,85244 |
| 26/08/05 | 10:42:01 | 512 | 1131,609 | 308,1797 | 222,1807 | 0,842148 | 1,881348 |
| 26/08/05 | 10:42:11 | 520 | 1139,445 | 311,4082 | 222,1807 | 0,84782 | 1,906006 |
| 26/08/05 | 10:42:21 | 536 | 1136,68 | 309,5625 | 224,0205 | 0,839878 | 1,909065 |
| 26/08/05 | 10:42:31 | 488 | 1141,289 | 311,4082 | 225,8604 | 0,846588 | 1,928452 |
| 26/08/05 | 10:42:41 | 496 | 1150,055 | 311,8691 | 225,4004 | 0,854431 | 1,973579 |
| 26/08/05 | 10:42:51 | 504 | 1147,742 | 308,1797 | 226,3203 | 0,843628 | 0,015254 |
| 26/08/05 | 10:43:01 | 520 | 1153,742 | 312,332 | 227,7012 | 0,857388 | 0,054671 |
| 26/08/05 | 10:43:11 | 528 | 1470,078 | 314,1758 | 155,9404 | 0,850681 | 0,054661 |
| 26/08/05 | 10:43:21 | 488 | 489,2578 | 321,5586 | 165,6006 | 0,819263 | 0,056058 |
| 26/08/05 | 10:43:31 | 496 | 470,3516 | 321,5586 | 163,7607 | 0,81152 | 0,056058 |
| 26/08/05 | 10:43:41 | 504 | 466,2012 | 322,4805 | 162,3809 | 0,808853 | 0,056058 |
| 26/08/05 | 10:43:51 | 512 | 462,0508 | 322,4805 | 164,2207 | 0,806831 | 0,056063 |
| 26/08/05 | 10:44:01 | 520 | 462,0508 | 321,5586 | 162,8408 | 0,789173 | 0,056058 |
| 26/08/05 | 10:44:11 | 576 | 7,841339 | 82,5791 | 91,08105 | 0,00264 | 0,056063 |

Resultados Viga 21

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Estribo 2 | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 01/09/05 | 10:14:42 | 496 | -3,694077 | 2,307114 | -4,601868 | -2,768494 | 0,927143 | 0,000255 | 0,643127 |
| 01/09/05 | 10:14:52 | 328 | -0,46209 | 1,845436 | 0,004506 | 0,922668 | 0,467953 | -0,001291 | 0,643028 |
| 01/09/05 | 10:15:02 | 344 | -1,847229 | 0,921974 | -3,219925 | -0,461582 | 1,385895 | -0,001254 | 0,643127 |
| 01/09/05 | 10:15:07 | 344 | -2,308899 | 2,768845 | -3,219925 | -1,384308 | 0,926922 | 0,023257 | 0,66394 |
| 01/09/05 | 10:15:12 | 352 | -0,000358 | 20,31384 | -6,904999 | -0,922943 | -0,909176 | 0,07722 | 0,714203 |
| 01/09/05 | 10:15:22 | 360 | 17,54468 | 59,09766 | -5,983704 | 3,229645 | -9,172363 | 0,122724 | 0,7617 |
| 01/09/05 | 10:15:32 | 368 | 21,23828 | 79,4126 | -6,904907 | 2,76828 | -8,713196 | 0,141883 | 0,781479 |
| 01/09/05 | 10:15:42 | 328 | 24,93201 | 84,4917 | -7,826202 | 2,768219 | -11,92664 | 0,145541 | 0,786907 |
| 01/09/05 | 10:15:52 | 344 | 28,16394 | 88,18506 | -7,36554 | 4,152405 | -12,8446 | 0,15001 | 0,789124 |
| 01/09/05 | 10:16:02 | 344 | 31,85767 | 104,3452 | -7,826202 | 6,459381 | -11,46765 | 0,166805 | 0,80619 |
| 01/09/05 | 10:16:12 | 352 | 37,85986 | 114,041 | -7,365662 | 9,227783 | -12,84479 | 0,172901 | 0,815956 |
| 01/09/05 | 10:16:22 | 368 | 40,63013 | 118,1968 | -5,062408 | 7,843597 | -11,92664 | 0,174068 | 0,818623 |
| 01/09/05 | 10:16:32 | 376 | 42,93872 | 120,9668 | -6,444366 | 9,227783 | -12,3858 | 0,176608 | 0,820198 |
| 01/09/05 | 10:16:42 | 328 | 44,78564 | 128,3535 | -0,91679 | 6,920807 | -11,46765 | 0,183352 | 0,827747 |
| 01/09/05 | 10:16:52 | 344 | 47,09399 | 132,0479 | -0,456142 | 9,689148 | -7,33606 | 0,187308 | 0,831642 |
| 01/09/05 | 10:17:02 | 352 | 49,8645 | 140,8203 | -1,838089 | 8,304932 | -8,713196 | 0,196847 | 0,840225 |
| 01/09/05 | 10:17:12 | 360 | 61,40723 | 170,8311 | 1,846886 | 12,45758 | -7,33606 | 0,212842 | 0,858768 |
| 01/09/05 | 10:17:22 | 368 | 245,6299 | 202,6895 | 43,30347 | 17,53284 | 13,7807 | 0,234632 | 0,881657 |
| 01/09/05 | 10:17:32 | 328 | 332,4316 | 223,4668 | 50,21289 | 23,53101 | 30,20764 | 0,249133 | 0,899559 |
| 01/09/05 | 10:17:42 | 336 | 430,3145 | 250,708 | 54,81909 | 31,37476 | 26,17505 | 0,266445 | 0,915493 |
| 01/09/05 | 10:17:52 | 344 | 504,6504 | 323,1953 | 60,34668 | 47,06226 | 30,76587 | 0,282475 | 0,936157 |
| 01/09/05 | 10:18:02 | 360 | 543,8945 | 369,8281 | 64,03174 | 56,75171 | 32,60205 | 0,295792 | 0,9515 |
| 01/09/05 | 10:18:12 | 368 | 575,2891 | 407,2266 | 66,79541 | 66,90234 | 34,89746 | 0,303486 | 0,962055 |
| 01/09/05 | 10:18:22 | 376 | 597,9141 | 448,3203 | 68,17725 | 75,20752 | 34,89722 | 0,31419 | 0,974731 |
| 01/09/05 | 10:18:32 | 328 | 642,6992 | 522,6563 | 71,40186 | 91,35645 | 36,73364 | 0,331799 | 0,992386 |
| 01/09/05 | 10:18:42 | 344 | 677,3281 | 562,8242 | 76,00781 | 98,73877 | 41,7832 | 0,342157 | 1,006393 |
| 01/09/05 | 10:18:52 | 352 | 715,6523 | 605,7617 | 82,45703 | 108,8892 | 44,07861 | 0,355721 | 1,020699 |
| 01/09/05 | 10:19:02 | 360 | 748,4336 | 655,6289 | 85,2207 | 119,04 | 46,37402 | 0,370319 | 1,036926 |
| 01/09/05 | 10:19:12 | 368 | 785,3711 | 707,8008 | 88,44482 | 131,4971 | 46,37402 | 0,386152 | 1,052559 |
| 01/09/05 | 10:19:22 | 328 | 817,6875 | 752,5859 | 92,12988 | 143,9551 | 50,04639 | 0,40169 | 1,0681 |
| 01/09/05 | 10:19:32 | 336 | 873,0938 | 800,1445 | 100,4214 | 154,1055 | 59,22754 | 0,417326 | 1,08783 |
| 01/09/05 | 10:19:42 | 344 | 897,5664 | 850,4688 | 109,6338 | 163,334 | 62,8999 | 0,429016 | 1,106178 |
| 01/09/05 | 10:19:52 | 352 | 922,0352 | 910,0313 | 119,7681 | 175,792 | 67,94922 | 0,450718 | 1,13015 |
| 01/09/05 | 10:20:02 | 368 | 946,5078 | 958,5117 | 127,1377 | 188,249 | 74,83545 | 0,465712 | 1,147064 |
| 01/09/05 | 10:20:12 | 376 | 974,6719 | 1007,914 | 137,7324 | 197,9385 | 80,80322 | 0,479374 | 1,165169 |
| 01/09/05 | 10:20:22 | 328 | 1000,988 | 1063,32 | 141,8779 | 209,4736 | 84,93457 | 0,492691 | 1,180206 |
| 01/09/05 | 10:20:32 | 344 | 1042,539 | 1142,273 | 152,9326 | 250,999 | 93,65723 | 0,506947 | 1,198608 |
| 01/09/05 | 10:20:42 | 352 | 1081,789 | 1205,984 | 164,4482 | 287,4492 | 101,9199 | 0,519817 | 1,213554 |
| 01/09/05 | 10:20:52 | 360 | 1128,883 | 1278,938 | 175,043 | 318,8242 | 109,2646 | 0,534271 | 1,221786 |
| 01/09/05 | 10:21:02 | 368 | 1192,133 | 1380,516 | 186,5586 | 357,582 | 120,7417 | 0,557602 | 1,249512 |
| 01/09/05 | 10:21:12 | 328 | 1258,625 | 1515,336 | 200,8379 | 382,4961 | 135,4307 | 0,577873 | 1,274414 |
| 01/09/05 | 10:21:22 | 336 | 1306,18 | 1633,992 | 215,1182 | 389,418 | 151,0391 | 0,591042 | 1,29454 |
| 01/09/05 | 10:21:32 | 344 | 1352,813 | 1745,727 | 229,8574 | 399,1074 | 163,4336 | 0,607121 | 1,316986 |
| 01/09/05 | 10:21:42 | 352 | 1394,828 | 1822,836 | 240,9131 | 408,3359 | 174,4512 | 0,619846 | 1,336121 |
| 01/09/05 | 10:21:52 | 368 | 1444,227 | 1912,406 | 255,6533 | 424,9453 | 185,4688 | 0,635532 | 1,359795 |
| 01/09/05 | 10:22:02 | 376 | 1488,555 | 1988,125 | 268,5508 | 443,4023 | 196,4863 | 0,647961 | 1,37928 |
| 01/09/05 | 10:22:12 | 328 | 1549,5 | 2100,781 | 286,5156 | 466,0098 | 211,6348 | 0,667591 | 1,40596 |
| 01/09/05 | 10:22:22 | 344 | 1595,672 | 2162,188 | 303,0977 | 477,5449 | 228,1611 | 0,675926 | 1,420067 |
| 01/09/05 | 10:22:32 | 352 | 1686,633 | 2245,75 | 315,9941 | 487,6953 | 241,9326 | 0,688011 | 1,439949 |
| 01/09/05 | 10:22:42 | 360 | 1989,047 | 2287,313 | 283,291 | 492,7715 | 241,9326 | 0,697037 | 1,458298 |
| 01/09/05 | 10:22:52 | 368 | 2104,016 | 2348,25 | 283,291 | 503,3828 | 247,9004 | 0,709171 | 1,477089 |
| 01/09/05 | 10:23:02 | 328 | 2201,891 | 2417,516 | 286,5156 | 509,8418 | 254,7871 | 0,718002 | 1,493713 |
| 01/09/05 | 10:23:12 | 336 | 2276,234 | 2487,234 | 292,5039 | 520,4531 | 261,2129 | 0,733292 | 1,512306 |
| 01/09/05 | 10:23:22 | 344 | 2347,797 | 2557,406 | 298,9512 | 528,2969 | 270,3945 | 0,740295 | 1,527992 |
| 01/09/05 | 10:23:32 | 352 | 2430,438 | 2609,594 | 303,0977 | 539,832 | 277,7383 | 0,747841 | 1,542198 |
| 01/09/05 | 10:23:42 | 368 | 2549,563 | 2685,313 | 312,7715 | 554,1367 | 288,2969 | 0,760864 | 1,56311 |
| 01/09/05 | 10:23:52 | 376 | 2657,609 | 2753,641 | 321,0625 | 562,4414 | 293,8066 | 0,772011 | 1,583084 |
| 01/09/05 | 10:24:02 | 328 | 2764,719 | 2823,813 | 329,3535 | 571,207 | 303,9063 | 0,781628 | 1,603409 |
| 01/09/05 | 10:24:12 | 344 | 2845,516 | 2895,391 | 339,4863 | 603,5039 | 312,627 | 0,786957 | 1,625259 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 01/09/05 | 10:24:22 | 352 | 2845,516 | 2904,625 | 343,6328 | 592,8945 | 315,8418 | 0,775661 | 1,655785 |
| 01/09/05 | 10:24:32 | 360 | 2885,234 | 2952,641 | 347,3184 | 591,9688 | 322,2676 | 0,786758 | 1,69416 |
| 01/09/05 | 10:24:42 | 368 | 2894,469 | 2970,641 | 351,4629 | 591,0469 | 323,6445 | 0,784046 | 1,721535 |
| 01/09/05 | 10:24:52 | 328 | 2918,016 | 2996,031 | 355,6094 | 589,6641 | 327,7773 | 0,788139 | 1,739639 |
| 01/09/05 | 10:25:02 | 336 | 2927,25 | 3010,359 | 358,373 | 584,125 | 330,9902 | 0,783947 | 1,755669 |
| 01/09/05 | 10:25:12 | 344 | 2968,344 | 3050,516 | 363,4395 | 583,2031 | 334,6621 | 0,79258 | 1,775795 |
| 01/09/05 | 10:25:22 | 352 | 2986,813 | 3074,984 | 366,6641 | 585,9727 | 337,875 | 0,794994 | 1,794632 |
| 01/09/05 | 10:25:32 | 368 | 3016,359 | 3096,688 | 371,2715 | 580,4336 | 339,7129 | 0,794552 | 1,818359 |
| 01/09/05 | 10:25:42 | 376 | 3033,438 | 3115,625 | 371,2715 | 579,9727 | 342,4668 | 0,795883 | 1,844551 |
| 01/09/05 | 10:25:52 | 328 | 3035,75 | 3130,391 | 375,416 | 573,0547 | 344,3027 | 0,79179 | 1,876854 |
| 01/09/05 | 10:26:02 | 344 | 3047,75 | 3149,781 | 377,7188 | 570,2852 | 348,4336 | 0,791443 | 1,903885 |
| 01/09/05 | 10:26:12 | 352 | 3055,141 | 3167,797 | 383,248 | 565,6719 | 348,8926 | 0,78661 | 1,930473 |
| 01/09/05 | 10:26:22 | 360 | 3074,531 | 3197,344 | 382,3262 | 562,4414 | 354,4023 | 0,791344 | 1,956512 |
| 01/09/05 | 10:26:32 | 368 | 3096,688 | 3221,813 | 387,3926 | 559,2109 | 355,7793 | 0,794155 | 1,9795 |
| 01/09/05 | 10:26:42 | 328 | 3112,391 | 3238,906 | 390,1563 | 556,9023 | 356,2383 | 0,795341 | 1,994148 |
| 01/09/05 | 10:26:52 | 336 | 3097,609 | 3230,125 | 391,998 | 552,75 | 357,1563 | 0,78957 | 1,998489 |
| 01/09/05 | 10:27:02 | 344 | 3139,625 | 3267,063 | 394,3027 | 556,9023 | 358,0742 | 0,802395 | 0,351873 |
| 01/09/05 | 10:27:12 | 352 | 3156,719 | 3290,156 | 396,6055 | 554,1367 | 360,8281 | 0,800175 | 0,351774 |
| 01/09/05 | 10:27:22 | 368 | 3178,422 | 3309,547 | 400,75 | 549,9844 | 364,043 | 0,802887 | 0,351774 |
| 01/09/05 | 10:27:32 | 376 | 3209,344 | 3340,016 | 402,1328 | 549,9844 | 364,043 | 0,807327 | 0,351824 |
| 01/09/05 | 10:27:42 | 328 | 3228,75 | 3363,563 | 403,9746 | 545,832 | 366,3379 | 0,808262 | 0,351824 |
| 01/09/05 | 10:27:52 | 344 | 3224,125 | 3361,25 | 405,8184 | 538,9102 | 368,6328 | 0,798988 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:28:02 | 352 | 3227,359 | 3364,484 | 410,4238 | 533,8359 | 368,6328 | 0,801014 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:28:12 | 360 | 3247,219 | 3382,484 | 411,8066 | 531,0664 | 370,4688 | 0,802788 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:28:22 | 368 | 3279,063 | 3408,344 | 413,6484 | 531,5273 | 375,0605 | 0,805351 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:28:32 | 328 | 3292 | 3424,5 | 415,4902 | 531,9883 | 377,3555 | 0,81073 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:28:42 | 336 | 3292 | 3421,281 | 415,4902 | 526,4531 | 378,7324 | 0,800568 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:28:52 | 344 | 3276,766 | 3410,188 | 414,5703 | 522,7617 | 378,7324 | 0,794502 | 0,350838 |
| 01/09/05 | 10:29:02 | 352 | 3275,375 | 3409,266 | 417,7949 | 522,7617 | 381,0273 | 0,792332 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:29:12 | 368 | 3276,766 | 3415,266 | 419,6367 | 522,3008 | 381,0273 | 0,792084 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:29:22 | 376 | 3268,453 | 3405,578 | 415,9512 | 519,0703 | 382,4043 | 0,788929 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:29:32 | 328 | 3267,063 | 3402,344 | 417,7949 | 519,9922 | 379,1914 | 0,785919 | 0,350838 |
| 01/09/05 | 10:29:42 | 344 | 3295,234 | 3426,813 | 420,5586 | 520,4531 | 382,8633 | 0,798794 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:29:52 | 352 | 3311,844 | 3436,969 | 420,0977 | 521,375 | 383,7813 | 0,795933 | 0,350838 |
| 01/09/05 | 10:30:02 | 360 | 3346,938 | 3469,75 | 422,8613 | 524,6055 | 387,9141 | 0,800224 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:30:12 | 368 | 3368,641 | 3487,297 | 424,7031 | 526,4531 | 390,209 | 0,801407 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:30:22 | 328 | 3417,125 | 3525,156 | 427,4668 | 528,7578 | 391,5859 | 0,812901 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:30:32 | 336 | 3461,906 | 3557,016 | 428,3887 | 528,7578 | 390,668 | 0,813442 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:30:42 | 344 | 3503,469 | 3579,188 | 430,6914 | 528,7578 | 391,5859 | 0,809299 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:30:52 | 352 | 3547,781 | 3604,109 | 434,377 | 525,0664 | 395,7168 | 0,815266 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:31:02 | 368 | 3503 | 3577,328 | 432,0742 | 519,5313 | 396,1758 | 0,79031 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:31:12 | 376 | 3543,625 | 3600,875 | 432,0742 | 519,9922 | 396,1758 | 0,797165 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:31:22 | 328 | 3580,563 | 3624,891 | 434,8379 | 519,5313 | 399,8496 | 0,799484 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:31:32 | 344 | 3627,656 | 3655,359 | 437,1406 | 519,5313 | 404,8984 | 0,808758 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:31:42 | 352 | 3688,609 | 3686,297 | 443,1289 | 519,0703 | 415,457 | 0,807621 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:31:52 | 360 | 3713,078 | 3698,297 | 443,5898 | 520,4531 | 422,8027 | 0,805946 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:32:02 | 368 | 3810,5 | 3763,406 | 450,959 | 517,6836 | 428,3105 | 0,81374 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:32:12 | 328 | 3911,609 | 3814,656 | 455,5664 | 519,0703 | 436,5742 | 0,821678 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:32:22 | 336 | 4007,188 | 3834,5 | 459,25 | 519,0703 | 443,459 | 0,818718 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:32:32 | 344 | 4147,094 | 3889,906 | 464,7793 | 519,5313 | 451,2637 | 0,827251 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:32:42 | 352 | 4254,656 | 3930,078 | 470,3066 | 517,2227 | 458,6094 | 0,833466 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:32:52 | 368 | 4411,188 | 3997,953 | 474,9121 | 519,9922 | 465,0352 | 0,833714 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:33:02 | 376 | 4504,906 | 4015,031 | 483,6641 | 521,8359 | 471,0039 | 0,836132 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:33:12 | 328 | 4650,344 | 4089,375 | 488,2715 | 525,9922 | 480,6445 | 0,840916 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:33:22 | 344 | 4851,656 | 4171,563 | 496,5625 | 528,7578 | 488,4473 | 0,845009 | 0,350985 |
| 01/09/05 | 10:33:32 | 352 | 5030,344 | 4237,563 | 501,168 | 529,2188 | 493,957 | 0,837757 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:33:42 | 360 | 5187,781 | 4341 | 511,3027 | 532,9102 | 502,6777 | 0,84333 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:33:52 | 368 | 5322,594 | 4392,719 | 514,5234 | 532,9102 | 508,1875 | 0,836426 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:34:02 | 328 | 5354 | 4389,469 | 514,5234 | 528,2969 | 508,1875 | 0,829372 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:34:12 | 336 | 5366,938 | 4384,875 | 514,0664 | 525,9922 | 507,2695 | 0,824986 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:34:22 | 344 | 5377,531 | 4383,469 | 515,9063 | 525,9922 | 509,5645 | 0,822269 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:34:32 | 352 | 5387,688 | 4385,781 | 515,9063 | 526,4531 | 510,4824 | 0,819954 | 0,350887 |
| 01/09/05 | 10:34:42 | 368 | 5393,688 | 4384,406 | 517,2891 | 523,2227 | 511,4004 | 0,818275 | 0,351034 |
| 01/09/05 | 10:34:52 | 376 | 5494,813 | 4441,656 | 523,2773 | 529,2188 | 516,4492 | 0,834404 | 0,350937 |
| 01/09/05 | 10:35:02 | 328 | 1747,117 | 1215,68 | 213,7363 | 195,1699 | 208,4219 | 0,001368 | 0,350887 |

Resultados Viga 31

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 05/10/05 | 10:46:32 | 472 | -0,460926 | 0,460684 | -19,85266 | 0,005498 | 1,32872 |
| 05/10/05 | 10:46:42 | 480 | -0,922401 | 2,766769 | -20,77588 | 0,004729 | 1,328773 |
| 05/10/05 | 10:46:52 | 488 | -1,383881 | 0,921894 | -13,38928 | 0,065669 | 1,318367 |
| 05/10/05 | 10:46:57 | 496 | 0,923531 | 0,921894 | -12,00433 | 0,076175 | 1,316292 |
| 05/10/05 | 10:47:02 | 504 | 1,38501 | 2,305542 | -5,540985 | 0,121922 | 1,30835 |
| 05/10/05 | 10:47:12 | 456 | 0,923504 | 2,766769 | -4,617645 | 0,136354 | 1,305786 |
| 05/10/05 | 10:47:22 | 464 | -0,460926 | -2,767792 | -5,540985 | 0,14766 | 1,303421 |
| 05/10/05 | 10:47:32 | 480 | -0,922432 | -2,767792 | -9,234314 | 0,159612 | 1,300461 |
| 05/10/05 | 10:47:42 | 488 | -0,460926 | -0,000523 | -11,08099 | 0,168916 | 1,298096 |
| 05/10/05 | 10:47:52 | 496 | 0,462027 | -5,073853 | -12,466 | 0,182282 | 1,294792 |
| 05/10/05 | 10:48:02 | 504 | 1,38501 | -9,686035 | -14,31262 | 0,205173 | 1,289856 |
| 05/10/05 | 10:48:12 | 464 | 1,38501 | -12,91455 | -17,54431 | 0,222745 | 1,28463 |
| 05/10/05 | 10:48:22 | 472 | 5,999847 | -12,91455 | -20,31421 | 0,234632 | 1,281326 |
| 05/10/05 | 10:48:32 | 480 | 5,999817 | 4,611633 | 42,47217 | 0,244891 | 1,277672 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 05/10/05 | 10:48:42 | 488 | 16,15247 | 28,13354 | 19,38892 | 0,258307 | 1,273773 |
| 05/10/05 | 10:48:52 | 504 | 19,38281 | 38,74146 | 19,85059 | 0,27261 | 1,270226 |
| 05/10/05 | 10:49:02 | 456 | 27,68958 | 46,58203 | 18,92725 | 0,271427 | 1,266327 |
| 05/10/05 | 10:49:12 | 464 | 61,37793 | 48,88818 | 19,38892 | 0,297075 | 1,262383 |
| 05/10/05 | 10:49:22 | 480 | 82,14453 | 56,26758 | 20,77393 | 0,318727 | 1,257797 |
| 05/10/05 | 10:49:32 | 488 | 93,68164 | 62,72461 | 19,85059 | 0,329481 | 1,254639 |
| 05/10/05 | 10:49:42 | 496 | 105,2188 | 64,1084 | 20,31226 | 0,113859 | 1,250793 |
| 05/10/05 | 10:49:52 | 504 | 128,7539 | 69,64258 | 20,77393 | 0,123569 | 1,246849 |
| 05/10/05 | 10:50:02 | 464 | 137,9844 | 96,39307 | 18,00391 | 0,196886 | 1,242554 |
| 05/10/05 | 10:50:12 | 472 | 154,1357 | 106,0786 | 18,92725 | 0,076053 | 1,235649 |
| 05/10/05 | 10:50:22 | 480 | 176,2871 | 115,3032 | 18,92725 | 0,099075 | 1,230125 |
| 05/10/05 | 10:50:32 | 488 | 191,9775 | 121,7603 | 18,46558 | 0,094284 | 1,226181 |
| 05/10/05 | 10:50:42 | 504 | 217,8203 | 130,5225 | 16,15723 | 0,097288 | 1,221886 |
| 05/10/05 | 10:50:52 | 456 | 240,8945 | 140,6699 | 17,08057 | 0,09216 | 1,214783 |
| 05/10/05 | 10:51:02 | 464 | 257,0469 | 158,6572 | 12,92566 | 0,099144 | 1,210495 |
| 05/10/05 | 10:51:12 | 480 | 279,1973 | 190,0195 | 11,07892 | 0,111154 | 1,204376 |
| 05/10/05 | 10:51:22 | 488 | 296,7344 | 219,999 | 8,77063 | 0,109429 | 1,200035 |
| 05/10/05 | 10:51:32 | 496 | 302,7324 | 232,4512 | 8,30896 | 0,528748 | 1,200333 |
| 05/10/05 | 10:51:42 | 504 | 304,5801 | 248,5938 | 6,923981 | 0,5247 | 1,200485 |
| 05/10/05 | 10:51:52 | 464 | 311,9629 | 267,5039 | 9,69397 | 0,544037 | 1,197327 |
| 05/10/05 | 10:52:02 | 472 | 331,3457 | 315,9316 | 9,2323 | 0,559376 | 1,192642 |
| 05/10/05 | 10:52:12 | 480 | 354,8809 | 360,668 | 7,38562 | 0,581078 | 1,186127 |
| 05/10/05 | 10:52:22 | 488 | 392,2617 | 418,7813 | 4,615631 | 0,61013 | 1,178284 |
| 05/10/05 | 10:52:32 | 504 | 421,7969 | 461,2129 | 0,922325 | 0,623005 | 1,173943 |
| 05/10/05 | 10:52:42 | 456 | 458,2539 | 517,4805 | -3,232681 | 0,652153 | 1,16507 |
| 05/10/05 | 10:52:52 | 464 | 487,3281 | 570,0586 | -8,772644 | 0,66468 | 1,159348 |
| 05/10/05 | 10:53:02 | 480 | 518,707 | 618,4883 | -12,466 | 0,685448 | 1,153381 |
| 05/10/05 | 10:53:12 | 488 | 543,1641 | 648,0039 | -16,62097 | 0,690971 | 1,150864 |
| 05/10/05 | 10:53:22 | 496 | 573,1641 | 685,3633 | -22,62256 | 0,703995 | 1,146278 |
| 05/10/05 | 10:53:32 | 504 | 611,9258 | 732,4063 | -34,16431 | 0,735016 | 1,137794 |
| 05/10/05 | 10:53:42 | 464 | 657,1523 | 778,0664 | -46,62915 | 0,74424 | 1,133499 |
| 05/10/05 | 10:53:52 | 472 | 719,4531 | 838,0273 | -60,01758 | 0,776302 | 1,123833 |
| 05/10/05 | 10:54:02 | 480 | 767,4492 | 889,2227 | -74,79053 | 0,788483 | 1,118164 |
| 05/10/05 | 10:54:12 | 488 | 809,9023 | 941,8008 | -83,10059 | 0,799286 | 1,112389 |
| 05/10/05 | 10:54:22 | 504 | 870,8203 | 1025,742 | -87,71729 | 0,817142 | 1,102081 |
| 05/10/05 | 10:54:32 | 456 | 897,5859 | 1057,563 | -89,10254 | 0,825676 | 1,095078 |
| 05/10/05 | 10:54:42 | 464 | 910,9688 | 1063,555 | -88,1792 | 0,818275 | 1,083435 |
| 05/10/05 | 10:54:52 | 480 | 926,6602 | 1075,547 | -87,25586 | 0,829472 | 1,068344 |
| 05/10/05 | 10:55:02 | 488 | 936,3516 | 1075,547 | -84,94727 | 0,819458 | 1,05838 |
| 05/10/05 | 10:55:12 | 496 | 946,043 | 1079,703 | -86,33252 | 0,828239 | 1,040276 |
| 05/10/05 | 10:55:22 | 504 | 951,1172 | 1076,93 | -84,02393 | 0,8274 | 1,031105 |
| 05/10/05 | 10:55:32 | 464 | 958,9648 | 1081,547 | -84,48584 | 0,829178 | 1,022377 |
| 05/10/05 | 10:55:42 | 472 | 973,7305 | 1087,539 | -81,71582 | 0,844517 | 1,007233 |
| 05/10/05 | 10:55:52 | 480 | 977,4219 | 1082,469 | -83,10059 | 0,837215 | 0,998749 |
| 05/10/05 | 10:56:02 | 488 | 986,1914 | 1085,234 | -78,48389 | 0,846687 | 0,988491 |
| 05/10/05 | 10:56:12 | 504 | 994,957 | 1083,852 | -78,02246 | 0,844418 | 0,977787 |
| 05/10/05 | 10:56:22 | 456 | 995,8828 | 1070,016 | -77,56055 | 0,831493 | 0,979778 |
| 05/10/05 | 10:56:32 | 464 | 991,7305 | 1065,406 | -77,56055 | 0,819016 | 0,791344 |
| 05/10/05 | 10:56:42 | 480 | 994,0352 | 1065,406 | -77,56055 | 0,825626 | 0,796082 |
| 05/10/05 | 10:56:52 | 488 | 994,4961 | 1065,406 | -76,17578 | 0,820148 | 0,792034 |
| 05/10/05 | 10:57:02 | 496 | 994,4961 | 1066,328 | -76,17578 | 0,820595 | 0,782616 |
| 05/10/05 | 10:57:12 | 504 | 999,5742 | 1071,398 | -76,17578 | 0,827747 | 0,794945 |
| 05/10/05 | 10:57:22 | 464 | 1000,957 | 1072,32 | -75,71387 | 0,826809 | 0,793465 |
| 05/10/05 | 10:57:32 | 472 | 1004,188 | 1078,32 | -76,17578 | 0,838547 | 0,803429 |
| 05/10/05 | 10:57:42 | 480 | 1006,957 | 1082,469 | -72,48242 | 0,833515 | 0,796425 |
| 05/10/05 | 10:57:52 | 488 | 1008,344 | 1084,773 | -73,40576 | 0,831741 | 0,795933 |
| 05/10/05 | 10:58:02 | 504 | 1015,266 | 1092,156 | -73,40576 | 0,84407 | 0,806881 |
| 05/10/05 | 10:58:12 | 456 | 1013,418 | 1088 | -74,79053 | 0,837215 | 0,867992 |
| 05/10/05 | 10:58:22 | 464 | 1013,418 | 1094 | -75,25244 | 0,838547 | 0,860546 |
| 05/10/05 | 10:58:32 | 480 | 1017,109 | 1097,688 | -74,79053 | 0,839138 | 0,849499 |
| 05/10/05 | 10:58:42 | 488 | 1022,188 | 1101,836 | -75,71387 | 0,84259 | 0,80249 |
| 05/10/05 | 10:58:52 | 496 | 1025,414 | 1104,148 | -75,25244 | 0,844666 | 0,8312 |
| 05/10/05 | 10:59:02 | 504 | 1025,414 | 1105,531 | -74,79053 | 0,845108 | 0,822124 |
| 05/10/05 | 10:59:12 | 464 | 1028,188 | 1105,531 | -74,79053 | 0,843876 | 0,814674 |
| 05/10/05 | 10:59:22 | 472 | 1029,57 | 1107,836 | -74,3291 | 0,842937 | 0,805798 |
| 05/10/05 | 10:59:32 | 480 | 1030,031 | 1105,992 | -73,86719 | 0,839237 | 0,800419 |
| 05/10/05 | 10:59:42 | 488 | 1032,336 | 1110,141 | -70,63574 | 0,839684 | 0,8018 |
| 05/10/05 | 10:59:52 | 504 | 1032,797 | 1116,602 | -72,94385 | 0,844021 | 0,80402 |
| 05/10/05 | 11:00:02 | 456 | 1035,109 | 1112,445 | -69,7124 | 0,842247 | 0,807228 |
| 05/10/05 | 11:00:12 | 464 | 1037,875 | 1114,289 | -70,63574 | 0,845848 | 0,74646 |
| 05/10/05 | 11:00:22 | 480 | 1040,641 | 1116,602 | -69,7124 | 0,846539 | 0,72303 |
| 05/10/05 | 11:00:32 | 488 | 1038,336 | 1114,289 | -72,48242 | 0,838154 | 0,699505 |
| 05/10/05 | 11:00:42 | 496 | 1039,258 | 1112,906 | -73,40576 | 0,839535 | 0,666409 |
| 05/10/05 | 11:00:52 | 504 | 1038,797 | 1119,367 | -73,40576 | 0,849548 | 0,751392 |
| 05/10/05 | 11:01:02 | 464 | 1041,57 | 1126,742 | -71,55908 | 0,846291 | 0,805302 |
| 05/10/05 | 11:01:12 | 472 | 1048,031 | 1127,203 | -72,48242 | 0,856552 | 0,815365 |
| 05/10/05 | 11:01:22 | 480 | 1050,336 | 1125,82 | -72,02051 | 0,857094 | 0,817585 |
| 05/10/05 | 11:01:32 | 496 | 1056,336 | 1123,977 | -72,94385 | 0,865379 | 0,824688 |
| 05/10/05 | 11:01:42 | 504 | 1059,102 | 1112,445 | -72,02051 | 0,853642 | 0,813934 |
| 05/10/05 | 11:01:52 | 456 | 1057,258 | 1107,836 | -71,09717 | 0,846489 | 0,73718 |
| 05/10/05 | 11:02:02 | 464 | 1055,875 | 1105,531 | -71,55908 | 0,842987 | 0,534519 |
| 05/10/05 | 11:02:12 | 480 | 1066,484 | 1111,063 | -69,7124 | 0,862617 | 0,534962 |
| 05/10/05 | 11:02:22 | 488 | 1074,797 | 1101,836 | -69,7124 | 0,866169 | 0,53442 |
| 05/10/05 | 11:02:32 | 496 | 1083,102 | 1101,375 | -67,40381 | 0,875935 | 0,507587 |
| 05/10/05 | 11:02:42 | 448 | 1088,641 | 1107,836 | -67,86572 | 0,877663 | 0,480213 |
| 05/10/05 | 11:02:52 | 464 | 1083,563 | 1098,609 | -67,86572 | 0,861187 | 0,479128 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 05/10/05 | 11:03:02 | 472 | 1083,102 | 1098,148 | -66,48096 | 0,857143 | 0,478931 |
| 05/10/05 | 11:03:12 | 480 | 1083,102 | 1095,383 | -67,86572 | 0,854134 | 0,478832 |
| 05/10/05 | 11:03:22 | 488 | 1083,102 | 1097,688 | -68,78906 | 0,852161 | 0,478634 |
| 05/10/05 | 11:03:32 | 504 | 1084,023 | 1094,922 | -68,78906 | 0,850929 | 0,478537 |
| 05/10/05 | 11:03:42 | 456 | 1084,484 | 1094,461 | -68,32764 | 0,84935 | 0,478487 |
| 05/10/05 | 11:03:52 | 464 | 1083,102 | 1094 | -67,4043 | 0,848263 | 0,478487 |
| 05/10/05 | 11:04:02 | 480 | 1082,641 | 1093,539 | -65,55762 | 0,847969 | 0,478537 |
| 05/10/05 | 11:04:12 | 488 | 1083,563 | 1093,078 | -65,0957 | 0,846931 | 0,478437 |
| 05/10/05 | 11:04:22 | 496 | 1084,945 | 1094,461 | -63,24927 | 0,846096 | 0,478487 |
| 05/10/05 | 11:04:32 | 504 | 1081,719 | 1092,156 | -65,55762 | 0,845356 | 0,478437 |
| 05/10/05 | 11:04:42 | 464 | 1083,102 | 1095,383 | -63,24927 | 0,844368 | 0,478437 |
| 05/10/05 | 11:04:52 | 472 | 1085,867 | 1093,539 | -63,71094 | 0,843975 | 0,478487 |
| 05/10/05 | 11:05:02 | 480 | 1086,789 | 1092,617 | -62,7876 | 0,84333 | 0,478388 |
| 05/10/05 | 11:05:12 | 480 | 1084,945 | 1090,773 | -62,7876 | 0,843037 | 0,478388 |
| 05/10/05 | 11:05:22 | 504 | 398,2598 | 338,0703 | -28,1626 | 0,009133 | 0,723476 |

B.7. LAMINADOS EM L SOBRE ESTRIBOS

Resultados Viga 32

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Fibra 2A | Estribo 2 | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 06/10/05 | 09:47:24 | 496 | 16,17578 | -1,842033 | 3,2323 | -2,295639 | -2,774078 | 0,011333 | 1,43013 |
| 06/10/05 | 09:47:34 | 392 | 2,309296 | -0,459885 | 2,308044 | 0,006813 | -5,083069 | 0,011209 | 1,43013 |
| 06/10/05 | 09:47:44 | 400 | 16,17578 | -1,381325 | 3,694489 | -0,45359 | 2,305756 | 0,031619 | 1,425987 |
| 06/10/05 | 09:47:49 | 352 | 8,318115 | -1,84201 | 11,08911 | 1,388351 | 20,77783 | 0,064507 | 1,418495 |
| 06/10/05 | 09:47:54 | 360 | 21,26013 | -3,684906 | 23,10535 | 3,230286 | 57,72192 | 0,106113 | 1,409317 |
| 06/10/05 | 09:48:04 | 368 | 24,03345 | -0,920593 | 50,3728 | 3,690811 | 118,6797 | 0,132818 | 1,401817 |
| 06/10/05 | 09:48:14 | 376 | 28,65564 | -1,84201 | 62,85132 | 3,690811 | 146,8496 | 0,148339 | 1,397629 |
| 06/10/05 | 09:48:24 | 384 | 54,07739 | -2,30275 | 80,41357 | 3,230286 | 174,0957 | 0,16325 | 1,393486 |
| 06/10/05 | 09:48:34 | 400 | 61,93506 | -1,381325 | 97,97559 | 2,309265 | 84,50635 | 0,173599 | 1,390182 |
| 06/10/05 | 09:48:44 | 352 | 72,56592 | -2,30275 | 114,1514 | 3,230286 | 80,3501 | 0,189887 | 1,386284 |
| 06/10/05 | 09:48:54 | 360 | 108,6191 | 0,000825 | 34,65942 | 12,44013 | 73,42334 | 0,222991 | 1,377304 |
| 06/10/05 | 09:49:04 | 368 | 232,0303 | 9,675842 | 79,95117 | 25,79443 | 80,3501 | 0,250563 | 1,36956 |
| 06/10/05 | 09:49:14 | 384 | 439,5645 | 19,81152 | 127,5542 | 45,13501 | 102,0552 | 0,280304 | 1,361717 |
| 06/10/05 | 09:49:24 | 392 | 551,8828 | 22,57581 | 179,7783 | 63,55493 | 114,9854 | 0,294706 | 1,356934 |
| 06/10/05 | 09:49:34 | 400 | 636,9297 | 25,34021 | 292,084 | 102,6968 | 77,57959 | 0,324894 | 1,348946 |
| 06/10/05 | 09:49:44 | 360 | 695,168 | 26,2616 | 422,4141 | 131,2471 | 55,41309 | 0,334364 | 1,345299 |
| 06/10/05 | 09:49:54 | 368 | 770,9727 | 27,6438 | 526,3984 | 157,9561 | 34,63184 | 0,355524 | 1,33918 |
| 06/10/05 | 09:50:04 | 376 | 835,6836 | 30,86877 | 598,9609 | 173,1523 | 17,54517 | 0,369186 | 1,334541 |
| 06/10/05 | 09:50:14 | 384 | 925,8164 | 39,62231 | 682,6133 | 206,3076 | 24,93396 | 0,401838 | 1,325272 |
| 06/10/05 | 09:50:24 | 400 | 983,1289 | 39,16162 | 690,4688 | 228,4111 | 31,39929 | 0,427042 | 1,318565 |
| 06/10/05 | 09:50:34 | 352 | 1044,602 | 44,22949 | 748,2383 | 259,7246 | 27,70483 | 0,449829 | 1,311562 |
| 06/10/05 | 09:50:44 | 368 | 1082,039 | 46,9939 | 784,2891 | 278,6035 | 18,00696 | 0,46216 | 1,307663 |
| 06/10/05 | 09:50:54 | 368 | 1112,547 | 48,37598 | 846,2188 | 307,1543 | 4,614746 | 0,476168 | 1,303078 |
| 06/10/05 | 09:51:04 | 384 | 1151,836 | 52,06152 | 926,6328 | 349,5195 | -9,70105 | 0,501568 | 1,296463 |
| 06/10/05 | 09:51:14 | 392 | 1196,211 | 57,59033 | 1000,578 | 397,873 | -20,32251 | 0,522484 | 1,290253 |
| 06/10/05 | 09:51:24 | 400 | 1235,961 | 63,57959 | 1101,328 | 463,7227 | -31,40576 | 0,537132 | 1,284828 |
| 06/10/05 | 09:51:34 | 360 | 1308,992 | 74,63672 | 1222,875 | 539,7031 | -47,56885 | 0,571854 | 1,275063 |
| 06/10/05 | 09:51:44 | 368 | 1338,57 | 83,85107 | 1294,977 | 594,9609 | -57,72852 | 0,583099 | 1,27018 |
| 06/10/05 | 09:51:54 | 376 | 1366,305 | 161,7119 | 1434,547 | 678,3125 | -72,96777 | 0,614124 | 1,260162 |
| 06/10/05 | 09:52:04 | 384 | 1364,922 | 352,4473 | 1555,641 | 752,9102 | 24,01038 | 0,638393 | 1,251381 |
| 06/10/05 | 09:52:14 | 400 | 1394,039 | 424,7813 | 1623,578 | 800,3438 | 49,87134 | 0,654572 | 1,245117 |
| 06/10/05 | 09:52:24 | 352 | 1421,313 | 498,4941 | 1680,883 | 849,1563 | 62,80176 | 0,67514 | 1,23777 |
| 06/10/05 | 09:52:34 | 360 | 1482,32 | 607,6836 | 1768,234 | 930,2031 | 40,63525 | 0,696793 | 1,229385 |
| 06/10/05 | 09:52:44 | 368 | 1541,023 | 713,6484 | 1860,664 | 1007,105 | 33,70825 | 0,7253 | 1,219025 |
| 06/10/05 | 09:52:54 | 384 | 1626,531 | 814,5469 | 1948,938 | 1084,469 | 30,47571 | 0,75396 | 1,20842 |
| 06/10/05 | 09:53:04 | 392 | 1754,57 | 930,6445 | 2038,602 | 1159,984 | 22,16321 | 0,780594 | 1,197914 |
| 06/10/05 | 09:53:14 | 400 | 1859,492 | 1010,352 | 2118,094 | 1220,313 | 13,85083 | 0,800076 | 1,186966 |
| 06/10/05 | 09:53:24 | 360 | 1877,055 | 1041,68 | 2140,734 | 1239,188 | 6,923767 | 0,802345 | 1,181686 |
| 06/10/05 | 09:53:34 | 368 | 1909,414 | 1058,727 | 2157,375 | 1257,609 | 3,691162 | 0,802296 | 1,17498 |
| 06/10/05 | 09:53:44 | 376 | 1919,117 | 1076,234 | 2186,484 | 1280,172 | 5,076569 | 0,808609 | 1,16201 |
| 06/10/05 | 09:53:54 | 384 | 1920,5 | 1084,984 | 2188,797 | 1288,461 | 0,920338 | 0,8055 | 1,154953 |
| 06/10/05 | 09:54:04 | 400 | 1945,461 | 1102,031 | 2210,984 | 1297,672 | 7,847412 | 0,8053 | 1,145683 |
| 06/10/05 | 09:54:14 | 352 | 1947,773 | 1108,484 | 2217,906 | 1298,594 | -0,465019 | 0,81004 | 1,136063 |
| 06/10/05 | 09:54:24 | 360 | 1963,492 | 1120,461 | 2237,781 | 1304,578 | 2,305756 | 0,820347 | 1,119736 |
| 06/10/05 | 09:54:34 | 376 | 1969,961 | 1122,305 | 2232,234 | 1297,211 | -1,388664 | 0,812702 | 1,108398 |
| 06/10/05 | 09:54:44 | 384 | 1976,43 | 1135,664 | 2204,047 | 1308,266 | 7,847412 | 0,828438 | 1,096558 |
| 06/10/05 | 09:54:54 | 392 | 1998,156 | 1145,336 | 2205,891 | 1310,109 | 3,691162 | 0,822815 | 1,082253 |
| 06/10/05 | 09:55:04 | 400 | 1969,961 | 1134,281 | 2198,5 | 1309,648 | -4,621246 | 0,806339 | 1,0718 |
| 06/10/05 | 09:55:14 | 360 | 1963,023 | 1134,281 | 2181,406 | 1306,422 | -3,697662 | 0,809841 | 1,058434 |
| 06/10/05 | 09:55:24 | 368 | 1976,43 | 1145,797 | 2190,188 | 1316,094 | -1,850487 | 0,813293 | 1,035049 |
| 06/10/05 | 09:55:34 | 376 | 1998,617 | 1155,477 | 2213,75 | 1327,148 | 2,305756 | 0,824146 | 1,012955 |
| 06/10/05 | 09:55:44 | 384 | 2149,766 | 1222,281 | 2192,031 | 1311,945 | -1,850487 | 0,814575 | 0,994263 |
| 06/10/05 | 09:55:54 | 400 | 2164,547 | 1237,484 | 2183,719 | 1311,945 | 1,382164 | 0,820545 | 0,974976 |
| 06/10/05 | 09:56:04 | 352 | 2188,125 | 1254,531 | 2195,266 | 1316,555 | 3,691162 | 0,829472 | 0,957367 |
| 06/10/05 | 09:56:14 | 360 | 2186,281 | 1260,516 | 2184,641 | 1317,938 | -3,23584 | 0,821777 | 0,943211 |
| 06/10/05 | 09:56:24 | 368 | 2189,047 | 1262,359 | 2168,469 | 1312,867 | -5,544891 | 0,822617 | 0,921608 |
| 06/10/05 | 09:56:34 | 384 | 2199,219 | 1268,813 | 2214,219 | 1312,867 | -2,774078 | 0,826412 | 0,908638 |
| 06/10/05 | 09:56:44 | 392 | 2216,313 | 1276,18 | 2213,297 | 1314,711 | -6,930267 | 0,82597 | 0,89167 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 06/10/05 | 09:56:54 | 400 | 2243,125 | 1286,781 | 2212,375 | 1317,016 | -3,23584 | 0,833466 | 0,869324 |
| 06/10/05 | 09:57:04 | 360 | 2256,063 | 1293,688 | 2240,094 | 1317,016 | -7,39209 | 0,832924 | 0,844711 |
| 06/10/05 | 09:57:14 | 368 | 2247,75 | 1292,305 | 2242,406 | 1312,406 | -10,62469 | 0,827991 | 0,818867 |
| 06/10/05 | 09:57:24 | 376 | 2235,734 | 1288,156 | 2247,031 | 1312,406 | -10,62469 | 0,830162 | 0,797314 |
| 06/10/05 | 09:57:34 | 384 | 2235,266 | 1295,531 | 2278,922 | 1313,789 | -11,54834 | 0,826561 | 0,773785 |
| 06/10/05 | 09:57:44 | 400 | 2251,453 | 1300,141 | 2302,484 | 1317,016 | -11,54828 | 0,829964 | 0,748581 |
| 06/10/05 | 09:57:54 | 352 | 2261,156 | 1304,742 | 2317,281 | 1320,234 | -10,62469 | 0,830608 | 0,729691 |
| 06/10/05 | 09:58:04 | 360 | 2288,422 | 1315,344 | 2320,969 | 1321,156 | -10,1629 | 0,835144 | 0,705376 |
| 06/10/05 | 09:58:14 | 376 | 2307,375 | 1323,633 | 2320,969 | 1327,148 | -12,01007 | 0,836277 | 0,686436 |
| 06/10/05 | 09:58:24 | 384 | 2326,328 | 1340,219 | 2341,781 | 1328,523 | -12,01007 | 0,845898 | 0,662857 |
| 06/10/05 | 09:58:34 | 392 | 2362,375 | 1357,266 | 2372,734 | 1338,656 | -9,70105 | 0,859215 | 0,631981 |
| 06/10/05 | 09:58:44 | 400 | 2364,688 | 1366,484 | 2369,969 | 1339,578 | -17,55176 | 0,852951 | 0,605 |
| 06/10/05 | 09:58:54 | 360 | 2374,859 | 1381,227 | 2383,828 | 1345,102 | -16,16626 | 0,863655 | 0,576836 |
| 06/10/05 | 09:59:04 | 368 | 2398,891 | 1392,742 | 2387,063 | 1350,633 | -19,86072 | 0,866268 | 0,552322 |
| 06/10/05 | 09:59:14 | 376 | 2411,375 | 1403,797 | 2406,469 | 1358,922 | -20,7843 | 0,871002 | 0,525688 |
| 06/10/05 | 09:59:24 | 384 | 2386,406 | 1398,734 | 2401,391 | 1350,633 | -27,7113 | 0,851273 | 0,514343 |
| 06/10/05 | 09:59:34 | 400 | 2427,547 | 1418,539 | 2427,281 | 1367,672 | -18,47534 | 0,87199 | 0,494074 |
| 06/10/05 | 09:59:44 | 352 | 2435,406 | 1424,992 | 2428,656 | 1366,289 | -27,71143 | 0,86306 | 0,4739 |
| 06/10/05 | 09:59:54 | 360 | 2408,141 | 1419,461 | 2423,109 | 1363,063 | -31,40576 | 0,854382 | 0,473309 |
| 06/10/05 | 10:00:04 | 368 | 2396,125 | 1415,32 | 2421,734 | 1360,758 | -32,32935 | 0,850533 | 0,47311 |
| 06/10/05 | 10:00:14 | 384 | 2402,594 | 1416,703 | 2417,563 | 1360,297 | -33,71484 | 0,848362 | 0,473011 |
| 06/10/05 | 10:00:24 | 392 | 2390,109 | 1415,32 | 2414,328 | 1356,617 | -33,71484 | 0,846191 | 0,472914 |
| 06/10/05 | 10:00:34 | 400 | 2384,109 | 1414,859 | 2410,172 | 1358 | -33,71484 | 0,844959 | 0,472864 |
| 06/10/05 | 10:00:44 | 360 | 2391,5 | 1412,094 | 2406,938 | 1356,156 | -34,17651 | 0,843727 | 0,472864 |
| 06/10/05 | 10:00:54 | 368 | 2381,797 | 1413,016 | 2405,547 | 1353,391 | -36,4856 | 0,842888 | 0,472815 |
| 06/10/05 | 10:01:04 | 376 | 2379,484 | 1413,016 | 2402,781 | 1356,156 | -34,63843 | 0,8419 | 0,472765 |
| 06/10/05 | 10:01:14 | 384 | 1040,906 | 691,0742 | 1026,461 | 671,8633 | -159,3252 | 0,136491 | 0,663895 |
| 06/10/05 | 10:01:24 | 400 | 416,4551 | 352,9082 | 586,4805 | 346,7578 | -187,4951 | 0,012379 | 0,717457 |

Resultados Viga 33

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 06/10/05 | 10:31:58 | 496 | 4,146942 | 2,304031 | -10,1629 | -0,000087 | 1,477676 |
| 06/10/05 | 10:32:08 | 448 | 3,225754 | 3,225479 | -9,700989 | 0,000378 | 1,477676 |
| 06/10/05 | 10:32:18 | 408 | 2,765045 | 3,686188 | -6,006287 | 0,032097 | 1,471764 |
| 06/10/05 | 10:32:23 | 408 | 4,607574 | 4,607605 | -3,235199 | 0,050822 | 1,467171 |
| 06/10/05 | 10:32:28 | 416 | 2,765106 | 6,911224 | 4,154297 | 0,087613 | 1,458984 |
| 06/10/05 | 10:32:38 | 424 | 0,001319 | 5,529053 | 31,40308 | 0,119783 | 1,450302 |
| 06/10/05 | 10:32:48 | 440 | -1,380569 | 7,832642 | 39,71631 | 0,11907 | 1,449471 |
| 06/10/05 | 10:32:58 | 448 | -0,919926 | 7,832642 | 42,4873 | 0,122582 | 1,448578 |
| 06/10/05 | 10:33:08 | 456 | -0,45933 | 10,13623 | 44,33472 | 0,125468 | 1,447792 |
| 06/10/05 | 10:33:18 | 416 | 0,001319 | 8,754089 | 48,02954 | 0,128321 | 1,447052 |
| 06/10/05 | 10:33:28 | 424 | -0,45933 | 6,911194 | 51,26221 | 0,134049 | 1,445816 |
| 06/10/05 | 10:33:38 | 432 | 1,383209 | 7,371948 | 52,18604 | 0,13545 | 1,445175 |
| 06/10/05 | 10:33:48 | 440 | 0,001319 | 8,754089 | 53,10962 | 0,139016 | 1,444389 |
| 06/10/05 | 10:33:58 | 448 | 1,843803 | 11,05768 | 57,26636 | 0,151739 | 1,441574 |
| 06/10/05 | 10:34:08 | 408 | 3,225693 | 8,754089 | 56,80444 | 0,156066 | 1,43985 |
| 06/10/05 | 10:34:18 | 416 | 2,304443 | 8,754089 | 56,80444 | 0,163436 | 1,438171 |
| 06/10/05 | 10:34:28 | 432 | 5,528839 | 5,068359 | 54,95703 | 0,168623 | 1,436493 |
| 06/10/05 | 10:34:38 | 440 | 9,6745 | 5,068359 | 55,41895 | 0,173785 | 1,434967 |
| 06/10/05 | 10:34:48 | 448 | 14,28076 | 5,989777 | 54,95703 | 0,178738 | 1,43383 |
| 06/10/05 | 10:34:58 | 456 | 21,65088 | 5,068329 | 54,95703 | 0,186424 | 1,431709 |
| 06/10/05 | 10:35:08 | 416 | 29,48157 | 5,529053 | 54,03345 | 0,196548 | 1,4291 |
| 06/10/05 | 10:35:18 | 424 | 35,93018 | 5,529053 | 49,87671 | 0,2026 | 1,427368 |
| 06/10/05 | 10:35:28 | 432 | 48,36719 | 9,675537 | 48,95313 | 0,210756 | 1,425049 |
| 06/10/05 | 10:35:38 | 440 | 59,42236 | 12,43982 | 44,33472 | 0,221512 | 1,42234 |
| 06/10/05 | 10:35:48 | 448 | 73,24121 | 14,74341 | 42,4873 | 0,227283 | 1,420265 |
| 06/10/05 | 10:35:58 | 408 | 85,67822 | 16,5863 | 43,41089 | 0,237936 | 1,417702 |
| 06/10/05 | 10:36:08 | 416 | 99,95752 | 20,27209 | 41,10181 | 0,24203 | 1,416122 |
| 06/10/05 | 10:36:18 | 424 | 111,4736 | 25,80066 | 43,41089 | 0,251795 | 1,413704 |
| 06/10/05 | 10:36:28 | 440 | 123,4497 | 43,7688 | 45,2583 | 0,261314 | 1,41124 |
| 06/10/05 | 10:36:38 | 448 | 132,2012 | 75,55811 | 44,33472 | 0,271032 | 1,409019 |
| 06/10/05 | 10:36:48 | 456 | 139,5713 | 91,68359 | 44,79639 | 0,278036 | 1,406998 |
| 06/10/05 | 10:36:58 | 416 | 152,0088 | 121,6304 | 46,6438 | 0,294756 | 1,402756 |
| 06/10/05 | 10:37:08 | 424 | 161,6816 | 149,7344 | 45,2583 | 0,302549 | 1,400246 |
| 06/10/05 | 10:37:18 | 432 | 178,7246 | 168,623 | 46,18213 | 0,313005 | 1,396935 |
| 06/10/05 | 10:37:28 | 440 | 187,4766 | 186,5918 | 47,56763 | 0,324894 | 1,393883 |
| 06/10/05 | 10:37:38 | 448 | 204,0596 | 206,8633 | 47,56763 | 0,336435 | 1,390526 |
| 06/10/05 | 10:37:48 | 408 | 222,0244 | 218,3809 | 45,2583 | 0,342205 | 1,388649 |
| 06/10/05 | 10:37:58 | 416 | 239,5283 | 227,5957 | 48,95313 | 0,355524 | 1,385399 |
| 06/10/05 | 10:38:08 | 424 | 280,9844 | 257,541 | 44,33472 | 0,376585 | 1,379181 |
| 06/10/05 | 10:38:18 | 440 | 341,3262 | 295,3203 | 44,79639 | 0,400999 | 1,372772 |
| 06/10/05 | 10:38:28 | 448 | 453,7207 | 346 | 44,33472 | 0,428621 | 1,365028 |
| 06/10/05 | 10:38:38 | 456 | 538,0156 | 416,9512 | 46,18213 | 0,456587 | 1,357285 |
| 06/10/05 | 10:38:48 | 416 | 696,4727 | 493,8906 | 48,49121 | 0,487711 | 1,347961 |
| 06/10/05 | 10:38:58 | 424 | 819 | 563 | 50,80054 | 0,504429 | 1,342239 |
| 06/10/05 | 10:39:08 | 432 | 909,7422 | 620,5898 | 49,41504 | 0,526279 | 1,33622 |
| 06/10/05 | 10:39:18 | 440 | 1031,805 | 695,2266 | 12,92926 | 0,553112 | 1,328621 |
| 06/10/05 | 10:39:28 | 448 | 1110,117 | 755,1172 | 10,62006 | 0,566578 | 1,323593 |
| 06/10/05 | 10:39:38 | 408 | 1160,781 | 789,6719 | 12,00562 | 0,581375 | 1,319649 |
| 06/10/05 | 10:39:48 | 416 | 1258,438 | 838,9688 | 10,15826 | 0,601204 | 1,313286 |
| 06/10/05 | 10:39:58 | 424 | 1357,469 | 879,9727 | 9,234497 | 0,62611 | 1,306427 |
| 06/10/05 | 10:40:08 | 440 | 1446,375 | 906,6953 | 20,31885 | 0,646137 | 1,299126 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 06/10/05 | 10:40:18 | 448 | 1510,398 | 920,9766 | 27,24646 | 0,663548 | 1,292717 |
| 06/10/05 | 10:40:28 | 456 | 1583,641 | 944,0117 | 31,86487 | 0,691414 | 1,284775 |
| 06/10/05 | 10:40:38 | 416 | 1659,188 | 962,9023 | 34,17407 | 0,709072 | 1,278069 |
| 06/10/05 | 10:40:48 | 424 | 1720,445 | 988,2422 | 35,0979 | 0,734474 | 1,270027 |
| 06/10/05 | 10:40:58 | 432 | 1788,164 | 1023,258 | 36,94507 | 0,759434 | 1,261497 |
| 06/10/05 | 10:41:08 | 440 | 1863,242 | 1069,328 | 39,71631 | 0,791641 | 1,250938 |
| 06/10/05 | 10:41:18 | 448 | 1920,82 | 1102,039 | 41,10181 | 0,808708 | 1,242851 |
| 06/10/05 | 10:41:28 | 408 | 1965,961 | 1144,422 | 43,41089 | 0,834652 | 1,232002 |
| 06/10/05 | 10:41:38 | 416 | 1951,688 | 1130,141 | 42,4873 | 0,822765 | 1,220703 |
| 06/10/05 | 10:41:48 | 424 | 1942,008 | 1113,555 | 41,56348 | 0,812801 | 1,211777 |
| 06/10/05 | 10:41:58 | 440 | 1949,844 | 1118,164 | 42,02539 | 0,82962 | 1,201515 |
| 06/10/05 | 10:42:08 | 448 | 1959,977 | 1109,406 | 42,4873 | 0,827152 | 1,188148 |
| 06/10/05 | 10:42:18 | 456 | 1962,742 | 1105,266 | 41,10181 | 0,8311 | 1,167236 |
| 06/10/05 | 10:42:28 | 416 | 1960,438 | 1094,664 | 41,56348 | 0,83189 | 1,149231 |
| 06/10/05 | 10:42:38 | 424 | 1977,938 | 1096,047 | 40,17798 | 0,843678 | 1,128075 |
| 06/10/05 | 10:42:48 | 432 | 1990,375 | 1092,82 | 41,56348 | 0,846439 | 1,109184 |
| 06/10/05 | 10:42:58 | 440 | 2000,047 | 1096,047 | 40,63989 | 0,853493 | 1,088219 |
| 06/10/05 | 10:43:08 | 448 | 2000,508 | 1096,047 | 42,4873 | 0,840469 | 1,065086 |
| 06/10/05 | 10:43:18 | 408 | 2050,719 | 900,707 | 52,18604 | 0,84417 | 1,046051 |
| 06/10/05 | 10:43:28 | 416 | 2070,063 | 833,9023 | 52,18604 | 0,831394 | 1,038994 |
| 06/10/05 | 10:43:38 | 424 | 2104,609 | 829,293 | 52,64795 | 0,857094 | 1,017044 |
| 06/10/05 | 10:43:48 | 496 | 2109,672 | 811,3281 | 53,10962 | 0,847328 | 0,98938 |
| 06/10/05 | 10:43:58 | 448 | 2123,031 | 801,1914 | 52,64795 | 0,853245 | 0,959194 |
| 06/10/05 | 10:44:08 | 456 | 2133,625 | 795,1992 | 53,10962 | 0,863457 | 0,930683 |
| 06/10/05 | 10:44:18 | 416 | 2128,563 | 789,6719 | 54,03345 | 0,854431 | 0,896797 |
| 06/10/05 | 10:44:28 | 424 | 2122,109 | 784,1445 | 52,64795 | 0,845699 | 0,859314 |
| 06/10/05 | 10:44:38 | 432 | 78,30811 | 656,9844 | 28,63208 | 0,820789 | 0,826611 |
| 06/10/05 | 10:44:48 | 440 | 52,51294 | 615,5195 | 27,24646 | 0,811665 | 0,826267 |
| 06/10/05 | 10:44:58 | 448 | 47,44604 | 603,082 | 24,47534 | 0,808807 | 0,826168 |
| 06/10/05 | 10:45:08 | 408 | 43,76099 | 597,0898 | 24,47534 | 0,808361 | 0,826019 |
| 06/10/05 | 10:45:18 | 416 | 62,18604 | 592,4844 | 22,62793 | 0,805897 | 0,825871 |
| 06/10/05 | 10:45:28 | 432 | 59,42236 | 586,4961 | 21,70435 | 0,805058 | 0,825871 |
| 06/10/05 | 10:45:38 | 440 | 42,37915 | 581,8867 | 10,62006 | 0,850929 | 0,807919 |
| 06/10/05 | 10:45:48 | 448 | -337,1777 | 510,0156 | 45,72021 | 0,781235 | 0,780197 |
| 06/10/05 | 10:45:58 | 456 | -1073,258 | 169,5449 | -24,94189 | 0,159094 | 0,715141 |
| 06/10/05 | 10:46:08 | 416 | -1063,586 | 165,3984 | -27,71289 | 0,159372 | 0,715042 |
| 06/10/05 | 10:46:18 | 424 | -1366,68 | 117,9443 | -30,02209 | 0,001141 | 0,878548 |
| 06/10/05 | 10:46:28 | 432 | -1359,773 | 113,7979 | -28,1748 | 0,00157 | 0,879684 |

B.8. TECIDO ENTRE ESTRIBOS

| Resultados Viga 29 | | | | | | | |
|--------------------|----------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
| 23/09/05 | 10:03:19 | 504 | 11,9859 | 5,07605 | 3,235016 | 0,004128 | 1,391312 |
| 23/09/05 | 10:03:29 | 504 | 12,44684 | 5,537659 | 7,39444 | 0,003962 | 1,391411 |
| 23/09/05 | 10:03:39 | 520 | 12,90778 | 7,383972 | 14,78906 | 0,075437 | 1,371292 |
| 23/09/05 | 10:03:44 | 520 | 14,29059 | 10,61499 | 24,95667 | 0,110226 | 1,361916 |
| 23/09/05 | 10:03:49 | 528 | 12,44684 | 11,53809 | 28,65393 | 0,126542 | 1,35807 |
| 23/09/05 | 10:03:59 | 536 | 15,21252 | 9,691772 | 30,04041 | 0,137952 | 1,353973 |
| 23/09/05 | 10:04:09 | 496 | 17,51721 | 9,230225 | 30,04041 | 0,151675 | 1,351311 |
| 23/09/05 | 10:04:19 | 504 | 17,51721 | 9,230225 | 34,19995 | 0,166439 | 1,347267 |
| 23/09/05 | 10:04:29 | 512 | 15,67346 | 8,307068 | 41,13232 | 0,183601 | 1,342583 |
| 23/09/05 | 10:04:39 | 520 | 13,36871 | 9,230225 | 47,14038 | 0,194337 | 1,339325 |
| 23/09/05 | 10:04:49 | 536 | 15,67346 | 12,4613 | 49,91333 | 0,209887 | 1,33548 |
| 23/09/05 | 10:04:59 | 544 | 13,82965 | 11,53809 | 55,92163 | 0,215992 | 1,333313 |
| 23/09/05 | 10:05:09 | 496 | 7,837433 | 9,691772 | 64,24023 | 0,232215 | 1,329712 |
| 23/09/05 | 10:05:19 | 504 | 12,90778 | 12,46124 | 72,09717 | 0,24203 | 1,326996 |
| 23/09/05 | 10:05:29 | 520 | 16,59534 | 11,99969 | 77,64307 | 0,249133 | 1,32473 |
| 23/09/05 | 10:05:39 | 528 | 17,97815 | 11,07654 | 85,0376 | 0,264225 | 1,32103 |
| 23/09/05 | 10:05:49 | 536 | 19,36096 | 12,46124 | 97,97852 | 0,282032 | 1,317032 |
| 23/09/05 | 10:05:59 | 544 | 25,81421 | 18,00012 | 171,4619 | 0,291895 | 1,314072 |
| 23/09/05 | 10:06:09 | 504 | 32,26733 | 18,92334 | 276,8359 | 0,313499 | 1,308548 |
| 23/09/05 | 10:06:19 | 512 | 37,33765 | 32,30884 | 285,6152 | 0,326817 | 1,304161 |
| 23/09/05 | 10:06:29 | 520 | 41,02515 | 185,5518 | 263,8945 | 0,34334 | 1,299965 |
| 23/09/05 | 10:06:39 | 536 | 38,72046 | 318,9473 | 246,7949 | 0,358532 | 1,295677 |
| 23/09/05 | 10:06:49 | 544 | 59,46289 | 569,1211 | 236,165 | 0,368397 | 1,290894 |
| 23/09/05 | 10:06:59 | 496 | 61,30664 | 793,9063 | 234,3164 | 0,382799 | 1,286552 |
| 23/09/05 | 10:07:09 | 504 | 63,15039 | 1082,852 | 227,8467 | 0,396116 | 1,281815 |
| 23/09/05 | 10:07:19 | 520 | 66,37695 | 1289,633 | 224,1484 | 0,411554 | 1,277275 |
| 23/09/05 | 10:07:29 | 528 | 71,44727 | 1503,344 | 209,8213 | 0,427633 | 1,272842 |
| 23/09/05 | 10:07:39 | 536 | 81,12695 | 1764,594 | 191,335 | 0,454565 | 1,265488 |
| 23/09/05 | 10:07:49 | 496 | 90,34619 | 2018,461 | 125,708 | 0,476267 | 1,259224 |
| 23/09/05 | 10:07:59 | 504 | 110,6274 | 2178,172 | 87,34863 | 0,487612 | 1,254639 |
| 23/09/05 | 10:08:09 | 512 | 138,2842 | 2234,484 | 55,45947 | 0,498512 | 1,250153 |
| 23/09/05 | 10:08:19 | 520 | 159,4873 | 2255,703 | 39,74585 | 0,513161 | 1,245911 |
| 23/09/05 | 10:08:29 | 536 | 187,6045 | 2283,859 | 28,65405 | 0,528301 | 1,241272 |
| 23/09/05 | 10:08:39 | 544 | 230,0117 | 2312,484 | 21,25928 | 0,539696 | 1,237083 |
| 23/09/05 | 10:08:49 | 496 | 265,5039 | 2352,641 | 18,48633 | 0,550793 | 1,232491 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 23/09/05 | 10:08:59 | 504 | 308,3711 | 2393,719 | 19,41064 | 0,566921 | 1,227562 |
| 23/09/05 | 10:09:09 | 520 | 358,6133 | 2484,656 | 21,2594 | 0,596863 | 1,219223 |
| 23/09/05 | 10:09:19 | 528 | 423,6074 | 2517,422 | 18,02417 | 0,608948 | 1,213356 |
| 23/09/05 | 10:09:29 | 536 | 501,0449 | 2571,891 | 17,09985 | 0,633411 | 1,205513 |
| 23/09/05 | 10:09:39 | 496 | 590,9297 | 2616,656 | 17,56201 | 0,649097 | 1,199295 |
| 23/09/05 | 10:09:49 | 504 | 667,4453 | 2652,672 | 16,17554 | 0,659306 | 1,194664 |
| 23/09/05 | 10:09:59 | 512 | 733,3594 | 2710,359 | 21,72144 | 0,680267 | 1,188049 |
| 23/09/05 | 10:10:09 | 520 | 807,5703 | 2781,438 | 22,18372 | 0,696201 | 1,181198 |
| 23/09/05 | 10:10:19 | 536 | 915,4336 | 2882,984 | 26,34314 | 0,725201 | 1,172073 |
| 23/09/05 | 10:10:29 | 544 | 1051,406 | 2994,688 | 33,73779 | 0,752922 | 1,162697 |
| 23/09/05 | 10:10:39 | 496 | 1116,859 | 3102,234 | 34,66211 | 0,777733 | 1,154121 |
| 23/09/05 | 10:10:49 | 504 | 1224,266 | 3224,094 | 42,98096 | 0,800323 | 1,143265 |
| 23/09/05 | 10:10:59 | 520 | 1324,75 | 3300,25 | 45,29175 | 0,807571 | 1,134933 |
| 23/09/05 | 10:11:09 | 528 | 1409,102 | 3389,797 | 48,98901 | 0,82291 | 1,124031 |
| 23/09/05 | 10:11:19 | 536 | 1431,688 | 3382,422 | 42,98096 | 0,811863 | 1,111504 |
| 23/09/05 | 10:11:29 | 496 | 1448,742 | 3407,797 | 41,59448 | 0,817535 | 1,101486 |
| 23/09/05 | 10:11:39 | 504 | 1471,328 | 3452,109 | 42,98096 | 0,82819 | 1,087532 |
| 23/09/05 | 10:11:49 | 512 | 1491,609 | 3478,422 | 41,59448 | 0,827797 | 1,070465 |
| 23/09/05 | 10:11:59 | 520 | 1496,219 | 3485,813 | 40,67017 | 0,8274 | 1,057297 |
| 23/09/05 | 10:12:09 | 536 | 1512,352 | 3500,578 | 38,82153 | 0,826611 | 1,040573 |
| 23/09/05 | 10:12:19 | 544 | 1533,555 | 3515,344 | 39,28369 | 0,837166 | 1,015274 |
| 23/09/05 | 10:12:29 | 496 | 1542,313 | 3533,344 | 40,20801 | 0,84338 | 0,999638 |
| 23/09/05 | 10:12:39 | 504 | 1554,297 | 3534,266 | 40,20801 | 0,836033 | 0,983707 |
| 23/09/05 | 10:12:49 | 520 | 1562,594 | 3531,5 | 37,43506 | 0,835983 | 0,969601 |
| 23/09/05 | 10:12:59 | 528 | 1582,875 | 3541,656 | 37,89722 | 0,847969 | 0,950611 |
| 23/09/05 | 10:13:09 | 536 | 1592,094 | 3527,813 | 39,28369 | 0,844711 | 0,936653 |
| 23/09/05 | 10:13:19 | 496 | 1608,688 | 3551,359 | 41,59448 | 0,854382 | 0,919884 |
| 23/09/05 | 10:13:29 | 504 | 1612,375 | 3538,891 | 40,20801 | 0,846981 | 0,907303 |
| 23/09/05 | 10:13:39 | 512 | 1621,594 | 3552,734 | 39,28369 | 0,855072 | 0,8894 |
| 23/09/05 | 10:13:49 | 520 | 1626,203 | 3534,266 | 38,82153 | 0,847572 | 0,875687 |
| 23/09/05 | 10:13:59 | 536 | 1624,359 | 3515,344 | 37,89722 | 0,838055 | 0,861336 |
| 23/09/05 | 10:14:09 | 544 | 1624,359 | 3543,047 | 40,67017 | 0,844219 | 0,843086 |
| 23/09/05 | 10:14:19 | 496 | 1624,82 | 3537,5 | 39,74585 | 0,844418 | 0,83036 |
| 23/09/05 | 10:14:29 | 504 | 1630,813 | 3557,359 | 39,74585 | 0,846931 | 0,810139 |
| 23/09/05 | 10:14:39 | 520 | 1636,805 | 3581,813 | 39,28369 | 0,858425 | 0,791641 |
| 23/09/05 | 10:14:49 | 528 | 1640,953 | 3585,969 | 41,59448 | 0,859608 | 0,776203 |
| 23/09/05 | 10:14:59 | 536 | 1647,406 | 3589,656 | 38,82153 | 0,853985 | 0,760319 |
| 23/09/05 | 10:15:09 | 496 | 1658,008 | 3604,891 | 39,28369 | 0,861137 | 0,743008 |
| 23/09/05 | 10:15:19 | 504 | 1665,844 | 3613,203 | 40,67017 | 0,866318 | 0,72382 |
| 23/09/05 | 10:15:29 | 512 | 1664,461 | 3597,969 | 36,51074 | 0,854576 | 0,710403 |
| 23/09/05 | 10:15:39 | 520 | 1671,836 | 3607,672 | 36,9729 | 0,860397 | 0,692104 |
| 23/09/05 | 10:15:49 | 536 | 1671,375 | 3612,734 | 36,04858 | 0,862225 | 0,673611 |
| 23/09/05 | 10:15:59 | 544 | 1672,297 | 3609,047 | 36,04858 | 0,856503 | 0,660686 |
| 23/09/05 | 10:16:09 | 496 | 1684,742 | 3628,438 | 36,9729 | 0,862667 | 0,642536 |
| 23/09/05 | 10:16:19 | 504 | 1690,734 | 3641,828 | 36,9729 | 0,866268 | 0,623596 |
| 23/09/05 | 10:16:29 | 520 | 1701,336 | 3631,672 | 36,04858 | 0,866318 | 0,609489 |
| 23/09/05 | 10:16:39 | 528 | 1713,32 | 3635,359 | 35,12427 | 0,871643 | 0,590794 |
| 23/09/05 | 10:16:49 | 536 | 1717,008 | 3637,203 | 35,12427 | 0,868633 | 0,577625 |
| 23/09/05 | 10:16:59 | 496 | 1729,914 | 3654,75 | 37,43506 | 0,878895 | 0,562534 |
| 23/09/05 | 10:17:09 | 504 | 1747,43 | 3661,672 | 37,43506 | 0,875393 | 0,545666 |
| 23/09/05 | 10:17:19 | 512 | 1767,711 | 3679,203 | 39,74585 | 0,882496 | 0,526428 |
| 23/09/05 | 10:17:29 | 520 | 1786,609 | 3704,594 | 37,89722 | 0,884567 | 0,507092 |
| 23/09/05 | 10:17:39 | 536 | 1800,898 | 3707,828 | 38,35938 | 0,880375 | 0,493729 |
| 23/09/05 | 10:17:49 | 544 | 1817,953 | 3727,219 | 41,59448 | 0,890732 | 0,479227 |
| 23/09/05 | 10:17:59 | 496 | 1841,469 | 3733,219 | 39,74585 | 0,89024 | 0,461273 |
| 23/09/05 | 10:18:09 | 504 | 1867,742 | 3753,063 | 42,5188 | 0,896847 | 0,442333 |
| 23/09/05 | 10:18:19 | 520 | 1960,852 | 3741,516 | 46,67822 | 0,890732 | 0,632179 |
| 23/09/05 | 10:18:29 | 528 | 2000,031 | 3725,359 | 45,75391 | 0,880474 | 0,62394 |
| 23/09/05 | 10:18:39 | 536 | 2008,789 | 3717,984 | 43,44312 | 0,877316 | 0,427832 |
| 23/09/05 | 10:18:49 | 496 | 2009,25 | 3717,516 | 42,98096 | 0,874901 | 0,502804 |
| 23/09/05 | 10:18:59 | 504 | 2015,242 | 3710,141 | 43,90527 | 0,872185 | 0,427931 |
| 23/09/05 | 10:19:09 | 512 | 2011,094 | 3710,141 | 44,36743 | 0,870312 | 0,428078 |
| 23/09/05 | 10:19:19 | 520 | 1939,648 | 3393,953 | 11,55389 | 0,729198 | 0,450174 |
| 23/09/05 | 10:19:29 | 536 | 973,9727 | 1187,625 | -12,47852 | 0,038197 | 0,658863 |
| 23/09/05 | 10:19:39 | 544 | 850,4375 | 991,9219 | -37,89746 | 0,007187 | 0,679035 |

Resultados Viga 37

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A' | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 10/10/05 | 11:20:08 | 496 | 2,304657 | -1,384064 | 1,385109 | -0,453365 | 0,004857 | 1,361328 |
| 10/10/05 | 11:20:18 | 504 | 2,304657 | 0,461143 | 0,000234 | -0,453365 | 0,005409 | 1,361076 |
| 10/10/05 | 11:20:28 | 512 | 34,6084 | 7,84198 | 37,3916 | 25,29651 | 0,069904 | 1,346527 |
| 10/10/05 | 11:20:33 | 520 | 37,37744 | 14,76147 | 55,39502 | 32,1936 | 0,094626 | 1,340462 |
| 10/10/05 | 11:20:38 | 472 | 48,91455 | 21,21973 | 68,32031 | 38,6311 | 0,108839 | 1,336761 |
| 10/10/05 | 11:20:48 | 480 | 52,14478 | 23,98755 | 92,32471 | 45,98828 | 0,125869 | 1,332222 |
| 10/10/05 | 11:20:58 | 496 | 62,29761 | 45,6687 | 136,1787 | 53,34546 | 0,137292 | 1,329018 |
| 10/10/05 | 11:21:08 | 504 | 65,98926 | 49,82031 | 156,9521 | 48,28735 | 0,147729 | 1,325958 |
| 10/10/05 | 11:21:18 | 512 | 77,98779 | 82,11133 | 202,1914 | 57,02393 | 0,163094 | 1,322311 |
| 10/10/05 | 11:21:28 | 520 | 89,98633 | 165,1455 | 284,3594 | 65,30029 | 0,178464 | 1,318466 |
| 10/10/05 | 11:21:38 | 480 | 94,60107 | 188,6719 | 313,4414 | 69,43896 | 0,191586 | 1,314568 |
| 10/10/05 | 11:21:48 | 488 | 95,52441 | 193,7461 | 317,1348 | 70,3584 | 0,205399 | 1,311363 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 10/10/05 | 11:21:58 | 496 | 109,3687 | 223,7314 | 350,373 | 79,09521 | 0,21564 | 1,30806 |
| 10/10/05 | 11:22:08 | 504 | 123,6748 | 307,6875 | 424,6934 | 98,86719 | 0,230537 | 1,304459 |
| 10/10/05 | 11:22:18 | 512 | 146,2871 | 377,8066 | 517,9414 | 103,0054 | 0,236407 | 1,302628 |
| 10/10/05 | 11:22:28 | 472 | 202,5889 | 479,7539 | 611,1875 | 138,4111 | 0,246568 | 1,300217 |
| 10/10/05 | 11:22:38 | 480 | 270,4258 | 554,0234 | 661,5078 | 174,7373 | 0,255051 | 1,297455 |
| 10/10/05 | 11:22:48 | 488 | 387,1816 | 651,8203 | 715,9766 | 249,2275 | 0,266445 | 1,2938 |
| 10/10/05 | 11:22:58 | 504 | 709,2969 | 738,082 | 789,375 | 600,5273 | 0,276506 | 1,289711 |
| 10/10/05 | 11:23:08 | 512 | 1118,633 | 798,5117 | 826,7695 | 7722,656 | 0,290514 | 1,285217 |
| 10/10/05 | 11:23:18 | 520 | 1276 | 849,7188 | 853,543 | 0 | 0,303093 | 1,281075 |
| 10/10/05 | 11:23:28 | 480 | 1345,219 | 905,5352 | 872,9297 | 0 | 0,312365 | 1,277824 |
| 10/10/05 | 11:23:38 | 488 | 1341,992 | 767,1445 | 872,9297 | 0 | 0,325682 | 1,274323 |
| 10/10/05 | 11:23:48 | 496 | 1335,531 | 757,457 | 875,6992 | 0 | 0,334709 | 1,271561 |
| 10/10/05 | 11:23:58 | 504 | 1323,07 | 758,3789 | 884,0078 | 0 | 0,347187 | 1,267563 |
| 10/10/05 | 11:24:08 | 512 | 1324,453 | 747,7695 | 880,7773 | 0 | 0,360752 | 1,263565 |
| 10/10/05 | 11:24:18 | 472 | 1315,227 | 744,0781 | 877,5469 | 0 | 0,373625 | 1,259521 |
| 10/10/05 | 11:24:28 | 480 | 1315,688 | 743,6172 | 872,9297 | 0 | 0,384821 | 1,25602 |
| 10/10/05 | 11:24:38 | 488 | 1322,148 | 750,5391 | 884,9336 | 0 | 0,393946 | 1,252716 |
| 10/10/05 | 11:24:48 | 504 | 1378,906 | 746,3867 | 914,0156 | 0 | 0,407658 | 1,248573 |
| 10/10/05 | 11:24:58 | 512 | 1413,984 | 738,543 | 933,8633 | 0 | 0,4156 | 1,245316 |
| 10/10/05 | 11:25:08 | 520 | 1435,672 | 732,0859 | 949,0977 | 0 | 0,429409 | 1,241074 |
| 10/10/05 | 11:25:18 | 480 | 1444,438 | 733,9297 | 960,6367 | 0 | 0,44692 | 1,235893 |
| 10/10/05 | 11:25:28 | 488 | 1446,289 | 730,2383 | 956,4844 | 0 | 0,459942 | 1,231552 |
| 10/10/05 | 11:25:38 | 496 | 1473,516 | 743,6172 | 971,7188 | 0 | 0,477451 | 1,225739 |
| 10/10/05 | 11:25:48 | 504 | 1535,813 | 726,0898 | 992,4922 | 0 | 0,490274 | 1,220062 |
| 10/10/05 | 11:25:58 | 512 | 1537,656 | 703,9453 | 757,5234 | 0 | 0,504776 | 1,215675 |
| 10/10/05 | 11:26:08 | 472 | 1537,656 | 695,6406 | 733,5195 | 0 | 0,51405 | 1,21138 |
| 10/10/05 | 11:26:18 | 480 | 1561,195 | 692,875 | 730,2891 | 0 | 0,52618 | 1,207138 |
| 10/10/05 | 11:26:28 | 488 | 1585,656 | 692,4141 | 728,9023 | 0 | 0,539005 | 1,202553 |
| 10/10/05 | 11:26:38 | 504 | 1709,328 | 690,1055 | 731,2109 | 0 | 0,555084 | 1,196831 |
| 10/10/05 | 11:26:48 | 512 | 1771,633 | 685,9531 | 725,6719 | 0 | 0,570377 | 1,190666 |
| 10/10/05 | 11:26:58 | 520 | 1804,398 | 683,1875 | 719,6719 | 0 | 0,578907 | 1,186523 |
| 10/10/05 | 11:27:08 | 480 | 1864,391 | 680,8789 | 718,7461 | 0 | 0,599525 | 1,179916 |
| 10/10/05 | 11:27:18 | 488 | -431,4902 | 607,9961 | 653,6602 | 0 | 0,604458 | 1,177002 |
| 10/10/05 | 11:27:28 | 496 | -518,2461 | 608,457 | 653,6602 | 0 | 0,630749 | 1,168869 |
| 10/10/05 | 11:27:38 | 504 | -624,3906 | 612,6094 | 664,2773 | 0 | 0,633953 | 1,166351 |
| 10/10/05 | 11:27:48 | 512 | -632,2344 | 619,0664 | 666,1211 | 0 | 0,65107 | 1,160385 |
| 10/10/05 | 11:27:58 | 472 | -654,3867 | 618,1445 | 595,4922 | 0 | 0,660786 | 1,155991 |
| 10/10/05 | 11:28:08 | 480 | -660,3867 | 615,8359 | 590,4141 | 0 | 0,664928 | 1,153328 |
| 10/10/05 | 11:28:18 | 488 | -673,3086 | 616,7578 | 592,2617 | 0 | 0,676666 | 1,148788 |
| 10/10/05 | 11:28:28 | 504 | -729,1445 | 620,9102 | 588,5703 | 0 | 0,686928 | 1,143959 |
| 10/10/05 | 11:28:38 | 512 | -789,6016 | 623,2188 | 586,7227 | 0 | 0,694672 | 1,139076 |
| 10/10/05 | 11:28:48 | 520 | -855,1328 | 629,6758 | 584,4141 | 0 | 0,703106 | 1,134583 |
| 10/10/05 | 11:28:58 | 480 | -937,2773 | 635,2109 | 581,6445 | 0 | 0,713264 | 1,129799 |
| 10/10/05 | 11:29:08 | 488 | -967,2734 | 638,9023 | 578,4141 | 0 | 0,72234 | 1,124229 |
| 10/10/05 | 11:29:18 | 496 | -973,7344 | 637,5195 | 581,1836 | 0 | 0,732452 | 1,11821 |
| 10/10/05 | 11:29:28 | 504 | -976,0391 | 637,5195 | 578,4141 | 0 | 0,735905 | 1,1119 |
| 10/10/05 | 11:29:38 | 512 | -975,1172 | 638,4414 | 574,7188 | 0 | 0,745079 | 1,106026 |
| 10/10/05 | 11:29:48 | 472 | -773,9102 | 210,8145 | 234,9668 | 0 | 0,757065 | 1,097 |
| 10/10/05 | 11:29:58 | 480 | -770,6797 | 207,5859 | 230,8115 | 0 | 0,768559 | 1,087975 |
| 10/10/05 | 11:30:08 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,773735 | 1,081512 |
| 10/10/05 | 11:30:18 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,776154 | 1,07515 |
| 10/10/05 | 11:30:28 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,78582 | 1,065529 |
| 10/10/05 | 11:30:38 | 520 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,789371 | 1,055222 |
| 10/10/05 | 11:30:48 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,780445 | 1,045456 |
| 10/10/05 | 11:30:58 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,779556 | 1,036629 |
| 10/10/05 | 11:31:08 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,782467 | 1,030464 |
| 10/10/05 | 11:31:18 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,783455 | 1,020401 |
| 10/10/05 | 11:31:28 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,775562 | 1,009651 |
| 10/10/05 | 11:31:38 | 472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,780346 | 0,995197 |
| 10/10/05 | 11:31:48 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,799633 | 0,959637 |
| 10/10/05 | 11:31:58 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,792824 | 0,92955 |
| 10/10/05 | 11:32:08 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,790604 | 0,899464 |
| 10/10/05 | 11:32:18 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,801949 | 0,871792 |
| 10/10/05 | 11:32:28 | 520 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,798744 | 0,840126 |
| 10/10/05 | 11:32:38 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,807278 | 0,795044 |
| 10/10/05 | 11:32:48 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,786907 | 0,754551 |
| 10/10/05 | 11:32:58 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,785278 | 0,719677 |
| 10/10/05 | 11:33:08 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,809841 | 0,681648 |
| 10/10/05 | 11:33:18 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,807571 | 0,649837 |
| 10/10/05 | 11:33:28 | 472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,797707 | 0,63356 |
| 10/10/05 | 11:33:38 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,817684 | 0,609982 |
| 10/10/05 | 11:33:48 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,819115 | 0,582607 |
| 10/10/05 | 11:33:58 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,82888 | 0,552273 |
| 10/10/05 | 11:34:08 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,823059 | 0,517895 |
| 10/10/05 | 11:34:18 | 520 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83411 | 0,486773 |
| 10/10/05 | 11:34:28 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,816204 | 0,485292 |
| 10/10/05 | 11:34:38 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,842545 | 0,457081 |
| 10/10/05 | 11:34:48 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,841999 | 0,67144 |
| 10/10/05 | 11:34:58 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,846832 | 0,679184 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|---|---|---|---|----------|----------|
| 10/10/05 | 11:35:08 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,857635 | 0,680466 |
| 10/10/05 | 11:35:18 | 472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,854183 | 0,298307 |
| 10/10/05 | 11:35:28 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,838005 | 0,292685 |
| 10/10/05 | 11:35:38 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,832035 | 0,292439 |
| 10/10/05 | 11:35:48 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,82967 | 0,29229 |
| 10/10/05 | 11:35:58 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,826859 | 0,292339 |
| 10/10/05 | 11:36:08 | 520 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,825329 | 0,29229 |
| 10/10/05 | 11:36:18 | 472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,822716 | 0,292192 |
| 10/10/05 | 11:36:28 | 488 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,82291 | 0,292192 |
| 10/10/05 | 11:36:38 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,821037 | 0,29224 |
| 10/10/05 | 11:36:48 | 504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,819607 | 0,29229 |
| 10/10/05 | 11:36:58 | 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,481348 | 0,388668 |
| 10/10/05 | 11:37:08 | 472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,004714 | 0,579945 |
| 10/10/05 | 11:37:18 | 480 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,004946 | 0,580833 |

Resultados Viga 28

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo 1 | Fibra 2A | Estribo 2 | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 22/09/05 | 11:20:08 | 496 | -10,65289 | 2,76619 | -49,03809 | 3,689041 | 4,619873 | 0,004857 | 1,361328 |
| 22/09/05 | 11:20:18 | 504 | 3,696915 | 3,227325 | -49,96313 | 3,227951 | 4,619873 | 0,005409 | 1,361076 |
| 22/09/05 | 11:20:28 | 512 | 7,400116 | 6,916321 | -48,57544 | 2,305664 | 102,146 | 0,069904 | 1,346527 |
| 22/09/05 | 11:20:33 | 520 | -0,006296 | 6,916321 | -43,02393 | 3,689041 | 209,3779 | 0,094626 | 1,340462 |
| 22/09/05 | 11:20:38 | 472 | -1,394928 | 8,299683 | -37,9353 | 3,689041 | 288,416 | 0,108839 | 1,336761 |
| 22/09/05 | 11:20:48 | 480 | 19,89807 | 7,838562 | -33,30908 | 3,689041 | 385,0176 | 0,125869 | 1,332222 |
| 22/09/05 | 11:20:58 | 496 | 27,76733 | 14,29431 | -31,45862 | 6,455811 | 476,0723 | 0,137292 | 1,329018 |
| 22/09/05 | 11:21:08 | 504 | 27,76733 | 12,91089 | -36,54736 | 5,99472 | 553,7227 | 0,147729 | 1,325958 |
| 22/09/05 | 11:21:18 | 512 | 27,76733 | 16,13879 | -45,79956 | 6,916901 | 657,2578 | 0,163094 | 1,322311 |
| 22/09/05 | 11:21:28 | 520 | 49,0603 | 19,36658 | -37,01001 | 9,222534 | 760,793 | 0,178464 | 1,318466 |
| 22/09/05 | 11:21:38 | 480 | 53,22632 | 19,82776 | -10,64099 | 12,45038 | 891,5977 | 0,191586 | 1,314568 |
| 22/09/05 | 11:21:48 | 488 | 76,37109 | 21,67224 | -0,925934 | 15,67828 | 997,4453 | 0,205399 | 1,311363 |
| 22/09/05 | 11:21:58 | 496 | 83,31445 | 23,97791 | 10,17676 | 13,37262 | 1093,578 | 0,21564 | 1,30806 |
| 22/09/05 | 11:22:08 | 504 | 105,5332 | 27,66687 | 31,91968 | 13,8338 | 1180,938 | 0,230537 | 1,304459 |
| 22/09/05 | 11:22:18 | 512 | 108,7734 | 30,89478 | 36,5459 | 15,21716 | 385,4805 | 0,236407 | 1,302628 |
| 22/09/05 | 11:22:28 | 472 | 122,1978 | 35,04468 | 43,94775 | 20,75061 | 339,2578 | 0,246568 | 1,300217 |
| 22/09/05 | 11:22:38 | 480 | 179,5967 | 51,18408 | 85,12061 | 24,4397 | 316,6094 | 0,255051 | 1,297455 |
| 22/09/05 | 11:22:48 | 488 | 390,2129 | 89,91846 | 206,7881 | 43,3457 | 348,041 | 0,266445 | 1,2938 |
| 22/09/05 | 11:22:58 | 504 | 594,3477 | 115,7417 | 404,7871 | 70,09082 | 405,3555 | 0,276506 | 1,289711 |
| 22/09/05 | 11:23:08 | 512 | 757,2852 | 130,958 | 489,9102 | 81,15771 | 392,875 | 0,290514 | 1,285217 |
| 22/09/05 | 11:23:18 | 520 | 833,2031 | 140,6416 | 609,2617 | 81,15771 | 382,2441 | 0,303093 | 1,281075 |
| 22/09/05 | 11:23:28 | 480 | 885,5078 | 152,1699 | 642,5703 | 84,84668 | 378,084 | 0,312365 | 1,277824 |
| 22/09/05 | 11:23:38 | 488 | 893,8398 | 164,6201 | 673,5664 | 91,30225 | 381,3203 | 0,325682 | 1,274323 |
| 22/09/05 | 11:23:48 | 496 | 924,3906 | 173,8428 | 709,1875 | 94,9917 | 384,0938 | 0,334709 | 1,271561 |
| 22/09/05 | 11:23:58 | 504 | 956,793 | 191,3652 | 767,0156 | 105,1362 | 395,1855 | 0,347187 | 1,267563 |
| 22/09/05 | 11:24:08 | 512 | 1020,676 | 207,0439 | 403,4004 | 114,8198 | 406,2793 | 0,360752 | 1,263565 |
| 22/09/05 | 11:24:18 | 472 | 1057,703 | 224,1055 | 483,4336 | 119,8921 | 414,5996 | 0,373625 | 1,259521 |
| 22/09/05 | 11:24:28 | 480 | 1107,695 | 242,5508 | 617,5898 | 126,3481 | 63,32031 | 0,384821 | 1,25602 |
| 22/09/05 | 11:24:38 | 488 | 1135,469 | 265,6055 | 692,0703 | 134,6475 | 42,521 | 0,393946 | 1,252716 |
| 22/09/05 | 11:24:48 | 504 | 1193,328 | 289,584 | 744,3477 | 145,2539 | 32,81445 | 0,407658 | 1,248573 |
| 22/09/05 | 11:24:58 | 512 | 1231,289 | 313,5625 | 795,2344 | 149,8652 | 24,95703 | 0,4156 | 1,245316 |
| 22/09/05 | 11:25:08 | 520 | 1280,82 | 336,6191 | 731,8555 | 156,3203 | 18,02393 | 0,429409 | 1,241074 |
| 22/09/05 | 11:25:18 | 480 | 1353,953 | 367,9766 | 779,9688 | 167,8486 | 14,78845 | 0,44692 | 1,235893 |
| 22/09/05 | 11:25:28 | 488 | 1441,906 | 420,5449 | 958,5391 | 176,1494 | 9,242004 | 0,459942 | 1,231552 |
| 22/09/05 | 11:25:38 | 496 | 1551,148 | 493,8633 | 1037,18 | 194,1328 | 5,082092 | 0,477451 | 1,225739 |
| 22/09/05 | 11:25:48 | 504 | 1712,703 | 569,0234 | 1099,172 | 206,1221 | 1,384422 | 0,490274 | 1,220062 |
| 22/09/05 | 11:25:58 | 512 | 1808,984 | 624,8203 | 1144,047 | 219,0342 | 1,384422 | 0,504776 | 1,215675 |
| 22/09/05 | 11:26:08 | 472 | 1870,086 | 691,6836 | 1175,508 | 233,3291 | -6,010956 | 0,51405 | 1,21138 |
| 22/09/05 | 11:26:18 | 480 | 1950,625 | 750,707 | 1148,211 | 243,4736 | -8,32196 | 0,52618 | 1,207138 |
| 22/09/05 | 11:26:28 | 488 | 2039,5 | 832,7891 | 1165,789 | 260,0742 | -9,708618 | 0,539005 | 1,202553 |
| 22/09/05 | 11:26:38 | 504 | 2145,969 | 1094,242 | 1160,234 | 278,9785 | -12,94409 | 0,555084 | 1,196831 |
| 22/09/05 | 11:26:48 | 512 | 2242,703 | 1526,781 | 1179,672 | 301,1133 | -14,79291 | 0,570377 | 1,190666 |
| 22/09/05 | 11:26:58 | 520 | 2330,656 | 2320,828 | 1249,523 | 324,6309 | -17,10388 | 0,578907 | 1,186523 |
| 22/09/05 | 11:27:08 | 480 | 2435,734 | 2822,531 | 1413,75 | 361,9824 | -22,65039 | 0,599525 | 1,179916 |
| 22/09/05 | 11:27:18 | 488 | 2475,547 | 3246,313 | 1593,25 | 384,5762 | -24,96143 | 0,604458 | 1,177002 |
| 22/09/05 | 11:27:28 | 496 | 2600,531 | 3839,313 | 1741,75 | 430,6895 | -24,03711 | 0,630749 | 1,168869 |
| 22/09/05 | 11:27:38 | 504 | 2645,422 | 4106,75 | 1780,141 | 468,9629 | -21,72595 | 0,633953 | 1,166351 |
| 22/09/05 | 11:27:48 | 512 | 2741,25 | 4329,938 | 1832,422 | 508,1582 | -21,72607 | 0,65107 | 1,160385 |
| 22/09/05 | 11:27:58 | 472 | 2816,234 | 4433,688 | 1947,148 | 540,4375 | -21,72595 | 0,660786 | 1,155991 |
| 22/09/05 | 11:28:08 | 480 | 2886,141 | 4521,313 | 1944,375 | 569,9492 | -19,41504 | 0,664928 | 1,153328 |
| 22/09/05 | 11:28:18 | 488 | 2950,469 | 4626,906 | 1999,891 | 598,0781 | -20,33936 | 0,676666 | 1,148788 |
| 22/09/05 | 11:28:28 | 504 | 3006,953 | 4759,719 | 1987,859 | 636,3516 | -19,41492 | 0,686928 | 1,143959 |
| 22/09/05 | 11:28:38 | 512 | 3042,125 | 4846,406 | 2023,945 | 670,4727 | -17,56616 | 0,694672 | 1,139076 |
| 22/09/05 | 11:28:48 | 520 | 3093,047 | 4942,313 | 2126,641 | 706,4414 | -17,56616 | 0,703106 | 1,134583 |
| 22/09/05 | 11:28:58 | 480 | 3151,375 | 5040,063 | 2205,75 | 752,5547 | -18,49048 | 0,713264 | 1,129799 |
| 22/09/05 | 11:29:08 | 488 | 3207,375 | 5143,375 | 2244,141 | 811,1172 | -20,80151 | 0,72234 | 1,124229 |
| 22/09/05 | 11:29:18 | 496 | 3259,219 | 5226,375 | 2142,375 | 889,9688 | -19,8772 | 0,732452 | 1,11821 |
| 22/09/05 | 11:29:28 | 504 | 3268,484 | 5283,094 | 2215,469 | 948,0703 | -20,80151 | 0,735905 | 1,1119 |
| 22/09/05 | 11:29:38 | 512 | 3318,938 | 5347,656 | 2332,5 | 1023,695 | -21,72607 | 0,745079 | 1,106026 |
| 22/09/05 | 11:29:48 | 472 | 3383,75 | 5431,563 | 2358,406 | 1149,117 | -20,80151 | 0,757065 | 1,097 |
| 22/09/05 | 11:29:58 | 480 | 3464,75 | 5359,188 | 2332,5 | 1256,102 | -17,56616 | 0,768559 | 1,087975 |
| 22/09/05 | 11:30:08 | 488 | 3486,969 | 5430,656 | 2045,227 | 1312,359 | -15,25513 | 0,773735 | 1,081512 |
| 22/09/05 | 11:30:18 | 504 | 3548,531 | 5524,719 | 2163,188 | 1351,555 | -15,25507 | 0,776154 | 1,07515 |
| 22/09/05 | 11:30:28 | 512 | 3628,609 | 5642,75 | 2139,125 | 1401,813 | -18,49048 | 0,78582 | 1,065529 |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| 22/09/05 | 11:30:38 | 520 | 3683,703 | 5729 | 2295,031 | 1441,008 | -21,26379 | 0,789371 | 1,055222 |
| 22/09/05 | 11:30:48 | 480 | 3658,703 | 5728,063 | 2346,844 | 1441,469 | -25,88586 | 0,780445 | 1,045456 |
| 22/09/05 | 11:30:58 | 488 | 3659,172 | 5749,75 | 2386,625 | 1453 | -24,03699 | 0,779556 | 1,036629 |
| 22/09/05 | 11:31:08 | 496 | 3685,547 | 5770,5 | 2339,906 | 1461,297 | -20,80151 | 0,782467 | 1,030464 |
| 22/09/05 | 11:31:18 | 504 | 3720,266 | 5818,438 | 2274,219 | 1472,367 | -22,65039 | 0,783455 | 1,020401 |
| 22/09/05 | 11:31:28 | 512 | 3723,047 | 5823,063 | 2443,531 | 1479,742 | -23,57483 | 0,775562 | 1,009651 |
| 22/09/05 | 11:31:38 | 472 | 3725,359 | 5842,438 | 2456,953 | 1488,508 | -24,03711 | 0,780346 | 0,995197 |
| 22/09/05 | 11:31:48 | 480 | 3839,234 | 5960,469 | 1835,195 | 1515,25 | -25,42371 | 0,799633 | 0,959637 |
| 22/09/05 | 11:31:58 | 488 | 3869,328 | 5987,219 | 2592,953 | 1518,477 | -28,1969 | 0,792824 | 0,92955 |
| 22/09/05 | 11:32:08 | 496 | 3871,641 | 5996,438 | 2213,156 | 1536,461 | -27,27246 | 0,790604 | 0,899464 |
| 22/09/05 | 11:32:18 | 512 | 3907,281 | 6027,813 | 2076,219 | 1547,992 | -25,42371 | 0,801949 | 0,871792 |
| 22/09/05 | 11:32:28 | 520 | 3944,766 | 6063,313 | 2038,75 | 1559,516 | -29,12134 | 0,798744 | 0,840126 |
| 22/09/05 | 11:32:38 | 480 | 3969,313 | 6105,281 | 2564,281 | 1581,195 | -29,5835 | 0,807278 | 0,795044 |
| 22/09/05 | 11:32:48 | 488 | 3975,781 | 6103,875 | 2352,859 | 1589,492 | -29,12134 | 0,786907 | 0,754551 |
| 22/09/05 | 11:32:58 | 496 | 3975,781 | 6102,031 | 2523,109 | 1597,328 | -27,73474 | 0,785278 | 0,719677 |
| 22/09/05 | 11:33:08 | 504 | 4035,5 | 6165,688 | 2725,734 | 1622,695 | -29,58362 | 0,809841 | 0,681648 |
| 22/09/05 | 11:33:18 | 512 | 4083,172 | 6211,781 | 2675,766 | 1642,063 | -30,04578 | 0,807571 | 0,649837 |
| 22/09/05 | 11:33:28 | 472 | 4077,625 | 6207,656 | 2595,266 | 1648,055 | -30,50793 | 0,797707 | 0,63356 |
| 22/09/05 | 11:33:38 | 480 | 4127,594 | 6260,656 | 2499,047 | 1672,953 | -27,73474 | 0,817684 | 0,609982 |
| 22/09/05 | 11:33:48 | 488 | 4171,125 | 6306,781 | 2592,5 | 1686,789 | -29,5835 | 0,819115 | 0,582607 |
| 22/09/05 | 11:33:58 | 504 | 4219,25 | 6349,656 | 2465,281 | 1703,852 | -28,65918 | 0,82888 | 0,552273 |
| 22/09/05 | 11:34:08 | 512 | 4263,25 | 6387,938 | 2572,141 | 1719,992 | -28,65918 | 0,823059 | 0,517895 |
| 22/09/05 | 11:34:18 | 520 | 4353,969 | 6459,406 | 2619,328 | 1737,977 | -28,1969 | 0,83411 | 0,486773 |
| 22/09/05 | 11:34:28 | 480 | 4370,625 | 6457,125 | 2660,969 | 1738,898 | -26,8103 | 0,816204 | 0,485292 |
| 22/09/05 | 11:34:38 | 488 | 4565,5 | 6600,969 | 2885,328 | 1767,484 | -24,49927 | 0,842545 | 0,457081 |
| 22/09/05 | 11:34:48 | 496 | 4733,531 | 6715,813 | 2732,672 | 1783,164 | -26,34814 | 0,841999 | 0,67144 |
| 22/09/05 | 11:34:58 | 504 | 4886,281 | 6816,313 | 3024,109 | 1803,453 | -22,65039 | 0,846832 | 0,679184 |
| 22/09/05 | 11:35:08 | 512 | 5002 | 6885,969 | 3041,234 | 1830,664 | -23,11255 | 0,857635 | 0,680466 |
| 22/09/05 | 11:35:18 | 472 | 5080,25 | 6948,219 | 2932,984 | 1856,484 | -21,72595 | 0,854183 | 0,298307 |
| 22/09/05 | 11:35:28 | 480 | 4972,375 | 6832 | 3345,641 | 1854,18 | -24,03711 | 0,838005 | 0,292685 |
| 22/09/05 | 11:35:38 | 488 | 4951,563 | 6786,344 | 3100,906 | 1853,258 | -24,96143 | 0,832035 | 0,292439 |
| 22/09/05 | 11:35:48 | 504 | 4948,313 | 6767 | 2888,109 | 1858,789 | -23,11255 | 0,82967 | 0,29229 |
| 22/09/05 | 11:35:58 | 512 | 4946,938 | 6755 | 2962,125 | 1858,789 | -25,42371 | 0,826859 | 0,292339 |
| 22/09/05 | 11:36:08 | 520 | 4952,5 | 6745,781 | 2848,328 | 1861,094 | -25,88586 | 0,825329 | 0,29229 |
| 22/09/05 | 11:36:18 | 472 | 4948,313 | 6738,406 | 2747,469 | 1862,938 | -25,88586 | 0,822716 | 0,292192 |
| 22/09/05 | 11:36:28 | 488 | 4951,094 | 6731,938 | 2765,047 | 1862,016 | -27,73474 | 0,82291 | 0,292192 |
| 22/09/05 | 11:36:38 | 496 | 4942,313 | 6725,031 | 2618,406 | 1863,859 | -27,73474 | 0,821037 | 0,29224 |
| 22/09/05 | 11:36:48 | 504 | 4946 | 6721,781 | 2559,188 | 1867,547 | -27,73474 | 0,819607 | 0,29229 |
| 22/09/05 | 11:36:58 | 512 | 4593,75 | 6294,344 | 1789,398 | 1660,969 | -31,43237 | 0,481348 | 0,388668 |
| 22/09/05 | 11:37:08 | 472 | 1441,445 | 2458,25 | -940,0352 | 730,8789 | -42,06323 | 0,004714 | 0,579945 |
| 22/09/05 | 11:37:18 | 480 | 1416,906 | 2431,969 | -928,4727 | 720,7344 | -42,06323 | 0,004946 | 0,580833 |

Resultados Viga 36

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 15/10/05 | 10:03:19 | 504 | -0,485615 | -2,444138 | 0,491524 | 0,004128 | 1,391312 |
| 15/10/05 | 10:03:29 | 504 | 2,445084 | 7,336273 | 11,73572 | 0,003962 | 1,391411 |
| 15/10/05 | 10:03:39 | 520 | 13,19092 | 20,53992 | 30,80188 | 0,075437 | 1,371292 |
| 15/10/05 | 10:03:44 | 520 | 17,09851 | 28,85327 | 39,60156 | 0,110226 | 1,361916 |
| 15/10/05 | 10:03:49 | 528 | 18,56384 | 32,27637 | 45,46826 | 0,126542 | 1,35807 |
| 15/10/05 | 10:03:59 | 536 | 21,0061 | 41,07886 | 68,44531 | 0,137952 | 1,353973 |
| 15/10/05 | 10:04:09 | 496 | 25,4021 | 52,32642 | 96,31152 | 0,151675 | 1,351311 |
| 15/10/05 | 10:04:19 | 504 | 30,28662 | 64,06299 | 125,644 | 0,166439 | 1,347267 |
| 15/10/05 | 10:04:29 | 512 | 37,61328 | 74,33203 | 144,2217 | 0,183601 | 1,342583 |
| 15/10/05 | 10:04:39 | 520 | 44,94019 | 83,13477 | 165,7324 | 0,194337 | 1,339325 |
| 15/10/05 | 10:04:49 | 536 | 51,29004 | 102,6958 | 186,7539 | 0,209887 | 1,33548 |
| 15/10/05 | 10:04:59 | 544 | 53,73218 | 113,9434 | 200,9316 | 0,215992 | 1,333313 |
| 15/10/05 | 10:05:09 | 496 | 62,52441 | 130,5693 | 231,2422 | 0,232215 | 1,329712 |
| 15/10/05 | 10:05:19 | 504 | 70,33936 | 170,6699 | 295,7734 | 0,24203 | 1,326996 |
| 15/10/05 | 10:05:29 | 520 | 81,57373 | 289,9902 | 413,1035 | 0,249133 | 1,32473 |
| 15/10/05 | 10:05:39 | 528 | 88,90039 | 358,9434 | 479,5918 | 0,264225 | 1,32103 |
| 15/10/05 | 10:05:49 | 536 | 101,6001 | 535,9688 | 577,3672 | 0,282032 | 1,317032 |
| 15/10/05 | 10:05:59 | 544 | 105,019 | 707,125 | 648,7422 | 0,291895 | 1,314072 |
| 15/10/05 | 10:06:09 | 504 | 105,9961 | 731,5781 | 671,2305 | 0,313499 | 1,308548 |
| 15/10/05 | 10:06:19 | 512 | 106,4849 | 740,8711 | 680,5195 | 0,326817 | 1,304161 |
| 15/10/05 | 10:06:29 | 520 | 107,9502 | 750,1602 | 684,4297 | 0,34334 | 1,299965 |
| 15/10/05 | 10:06:39 | 536 | 113,3228 | 757,0078 | 690,2969 | 0,358532 | 1,295677 |
| 15/10/05 | 10:06:49 | 544 | 113,3228 | 810,3125 | 728,918 | 0,368397 | 1,290894 |
| 15/10/05 | 10:06:59 | 496 | 117,2305 | 1075,852 | 895,1367 | 0,382799 | 1,286552 |
| 15/10/05 | 10:07:09 | 504 | 121,1382 | 1306,18 | 1058,914 | 0,396116 | 1,281815 |
| 15/10/05 | 10:07:19 | 520 | 131,3955 | 1495,43 | 1223,664 | 0,411554 | 1,277275 |
| 15/10/05 | 10:07:29 | 528 | 150,4453 | 1666,586 | 1375,703 | 0,427633 | 1,272842 |
| 15/10/05 | 10:07:39 | 536 | 161,6797 | 1758,523 | 1469,57 | 0,454565 | 1,265488 |
| 15/10/05 | 10:07:49 | 496 | 139,2109 | 1786,398 | 1495,477 | 0,476267 | 1,259224 |
| 15/10/05 | 10:07:59 | 504 | 153,376 | 1777,594 | 1487,172 | 0,487612 | 1,254639 |
| 15/10/05 | 10:08:09 | 512 | 154,8408 | 1779,063 | 1487,172 | 0,498512 | 1,250153 |
| 15/10/05 | 10:08:19 | 520 | 151,4219 | 1813,297 | 1523,836 | 0,513161 | 1,245911 |
| 15/10/05 | 10:08:29 | 536 | 156,3066 | 1799,602 | 1509,164 | 0,528301 | 1,241272 |
| 15/10/05 | 10:08:39 | 544 | 166,5635 | 1822,586 | 1532,633 | 0,539696 | 1,237083 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 15/10/05 | 10:08:49 | 496 | 160,7021 | 1807,914 | 1518,945 | 0,550793 | 1,232491 |
| 15/10/05 | 10:08:59 | 504 | 159,2373 | 1807,914 | 1523,344 | 0,566921 | 1,227562 |
| 15/10/05 | 10:09:09 | 520 | 160,7021 | 1804,984 | 1522,859 | 0,596863 | 1,219223 |
| 15/10/05 | 10:09:19 | 528 | 166,5635 | 1897,406 | 1577,125 | 0,608948 | 1,213356 |
| 15/10/05 | 10:09:29 | 536 | 170,4717 | 1950,711 | 1620,633 | 0,633411 | 1,205513 |
| 15/10/05 | 10:09:39 | 496 | 180,7285 | 2054,875 | 1707,656 | 0,649097 | 1,199295 |
| 15/10/05 | 10:09:49 | 504 | 183,6592 | 2203,047 | 1836,227 | 0,659306 | 1,194664 |
| 15/10/05 | 10:09:59 | 512 | 216,874 | 2259,281 | 1906,141 | 0,680267 | 1,188049 |
| 15/10/05 | 10:10:09 | 520 | 195,8711 | 2283,734 | 1927,648 | 0,696201 | 1,181198 |
| 15/10/05 | 10:10:19 | 536 | 200,7549 | 2319,922 | 1956 | 0,725201 | 1,172073 |
| 15/10/05 | 10:10:29 | 544 | 210,5244 | 2411,375 | 2030,313 | 0,752922 | 1,162697 |
| 15/10/05 | 10:10:39 | 496 | 215,8975 | 2530,688 | 2105,594 | 0,777733 | 1,154121 |
| 15/10/05 | 10:10:49 | 504 | 227,1318 | 2656,375 | 2200,438 | 0,800323 | 1,143265 |
| 15/10/05 | 10:10:59 | 520 | 237,3887 | 2679,844 | 2261,547 | 0,807571 | 1,134933 |
| 15/10/05 | 10:11:09 | 528 | 243,25 | 2667,609 | 2273,281 | 0,82291 | 1,124031 |
| 15/10/05 | 10:11:19 | 536 | 249,6006 | 2662,719 | 2267,906 | 0,811863 | 1,111504 |
| 15/10/05 | 10:11:29 | 496 | 258,3926 | 2663,703 | 2258,609 | 0,817535 | 1,101486 |
| 15/10/05 | 10:11:39 | 504 | 248,623 | 2626,047 | 2255,188 | 0,82819 | 1,087532 |
| 15/10/05 | 10:11:49 | 512 | 253,5078 | 2495,969 | 2198 | 0,827797 | 1,070465 |
| 15/10/05 | 10:11:59 | 520 | 253,9961 | 2409,406 | 2135,422 | 0,8274 | 1,057297 |
| 15/10/05 | 10:12:09 | 536 | 256,9258 | 2392,781 | 2112,922 | 0,826611 | 1,040573 |
| 15/10/05 | 10:12:19 | 544 | 253,9961 | 2342,422 | 2076,75 | 0,837166 | 1,015274 |
| 15/10/05 | 10:12:29 | 496 | 254,4844 | 2357,078 | 2080,656 | 0,84338 | 0,999638 |
| 15/10/05 | 10:12:39 | 504 | 253,5078 | 2336,547 | 2076,266 | 0,836033 | 0,983707 |
| 15/10/05 | 10:12:49 | 520 | 273,0449 | 2330,188 | 2068,938 | 0,835983 | 0,969601 |
| 15/10/05 | 10:12:59 | 528 | 248,623 | 2335,563 | 2056,219 | 0,847969 | 0,950611 |
| 15/10/05 | 10:13:09 | 536 | 254,4844 | 2332,141 | 2068,438 | 0,844711 | 0,936653 |
| 15/10/05 | 10:13:19 | 496 | 254,4844 | 2320,891 | 2044,492 | 0,854382 | 0,919884 |
| 15/10/05 | 10:13:29 | 504 | 260,834 | 2331,656 | 2054,75 | 0,846981 | 0,907303 |
| 15/10/05 | 10:13:39 | 512 | 247,1582 | 2317,969 | 2054,266 | 0,855072 | 0,8894 |
| 15/10/05 | 10:13:49 | 520 | 261,3223 | 2329,219 | 2051,328 | 0,847572 | 0,875687 |
| 15/10/05 | 10:13:59 | 536 | 264,2539 | 2324,813 | 2054,266 | 0,838055 | 0,861336 |
| 15/10/05 | 10:14:09 | 544 | 267,1836 | 2339,484 | 2050,844 | 0,844219 | 0,843086 |
| 15/10/05 | 10:14:19 | 496 | 256,4375 | 2316 | 2031,289 | 0,844418 | 0,83036 |
| 15/10/05 | 10:14:29 | 504 | 253,5078 | 2315,031 | 2032,266 | 0,846931 | 0,810139 |
| 15/10/05 | 10:14:39 | 520 | 260,834 | 2336,547 | 2055,234 | 0,858425 | 0,791641 |
| 15/10/05 | 10:14:49 | 528 | 271,0918 | 2336,547 | 2051,328 | 0,859608 | 0,776203 |
| 15/10/05 | 10:14:59 | 536 | 255,9502 | 2322,859 | 2030,313 | 0,853985 | 0,760319 |
| 15/10/05 | 10:15:09 | 496 | 253,5078 | 2326,281 | 2028,359 | 0,861137 | 0,743008 |
| 15/10/05 | 10:15:19 | 504 | 251,5537 | 2326,281 | 2032,266 | 0,866318 | 0,72382 |
| 15/10/05 | 10:15:29 | 512 | 255,4619 | 2322,359 | 2013,203 | 0,854576 | 0,710403 |
| 15/10/05 | 10:15:39 | 520 | 258,3926 | 2332,641 | 2027,383 | 0,860397 | 0,692104 |
| 15/10/05 | 10:15:49 | 536 | 255,9502 | 2324,328 | 1999,516 | 0,862225 | 0,673611 |
| 15/10/05 | 10:15:59 | 544 | 253,5078 | 2305,25 | 1981,422 | 0,856503 | 0,660686 |
| 15/10/05 | 10:16:09 | 496 | 252,043 | 2294,984 | 1973,602 | 0,862667 | 0,642536 |
| 15/10/05 | 10:16:19 | 504 | 252,043 | 2295,469 | 1972,625 | 0,866268 | 0,623596 |
| 15/10/05 | 10:16:29 | 520 | 253,0195 | 2296,938 | 1969,695 | 0,866318 | 0,609489 |
| 15/10/05 | 10:16:39 | 528 | 263,2773 | 2316,5 | 1983,383 | 0,871643 | 0,590794 |
| 15/10/05 | 10:16:49 | 536 | 257,4141 | 2315,031 | 1978,492 | 0,868633 | 0,577625 |
| 15/10/05 | 10:16:59 | 496 | 253,9961 | 2299,375 | 1966,758 | 0,878895 | 0,562534 |
| 15/10/05 | 10:17:09 | 504 | 259,8574 | 2301,344 | 1980,938 | 0,875393 | 0,545666 |
| 15/10/05 | 10:17:19 | 512 | 252,043 | 2283,25 | 1955,516 | 0,882496 | 0,526428 |
| 15/10/05 | 10:17:29 | 520 | 252,5313 | 2282,266 | 1956,984 | 0,884567 | 0,507092 |
| 15/10/05 | 10:17:39 | 536 | 252,042 | 2282,75 | 1951,602 | 0,880375 | 0,493729 |
| 15/10/05 | 10:17:49 | 544 | 251,0654 | 2277,859 | 1946,711 | 0,890732 | 0,479227 |
| 15/10/05 | 10:17:59 | 496 | 259,8574 | 2313,078 | 1969,203 | 0,89024 | 0,461273 |
| 15/10/05 | 10:18:09 | 504 | 255,4619 | 2288,141 | 0 | 0,896847 | 0,442333 |
| 15/10/05 | 10:18:19 | 520 | 256,9258 | 2292,047 | 0 | 0,890732 | 0,632179 |
| 15/10/05 | 10:18:29 | 528 | 254,4844 | 2307,203 | 0 | 0,880474 | 0,62394 |
| 15/10/05 | 10:18:39 | 536 | 263,2754 | 2319,922 | 0 | 0,877316 | 0,427832 |
| 15/10/05 | 10:18:49 | 496 | 259,3691 | 2316,5 | 0 | 0,874901 | 0,502804 |
| 15/10/05 | 10:18:59 | 504 | 240,8086 | 2322,859 | 0 | 0,872185 | 0,427931 |
| 15/10/05 | 10:19:09 | 512 | 256,9258 | 2308,672 | 0 | 0,870312 | 0,428078 |
| 15/10/05 | 10:19:19 | 520 | 277,9297 | 2316,5 | 0 | 0,729198 | 0,450174 |
| 15/10/05 | 10:19:29 | 536 | 253,5078 | 2300,359 | 0 | 0,038197 | 0,658863 |
| 15/10/05 | 10:19:39 | 544 | 255,4619 | 2298,891 | 0 | 0,007187 | 0,679035 |

B.9. TECIDO A 45°

Resultados Viga 34

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Estribo1 | Fibra 2A | Fibra 3A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 07/09/05 | 09:35:07 | 504 | 2,307388 | 2,304413 | 2,768295 | -5,544586 | -0,007483 | 1,445473 |
| 07/09/05 | 09:35:17 | 464 | 0,461285 | 1,843788 | 0,924198 | -6,929932 | -0,005819 | 1,445518 |
| 07/09/05 | 09:35:27 | 416 | -1,384819 | 17,505 | 15,21619 | -4,620941 | 0,03683 | 1,437187 |
| 07/09/05 | 09:35:32 | 424 | -9,692261 | 49,28809 | 39,65088 | 5,076813 | 0,109903 | 1,419136 |
| 07/09/05 | 09:35:37 | 424 | -10,6153 | 56,19751 | 45,64429 | 8,309387 | 0,1229 | 1,415634 |
| 07/09/05 | 09:35:47 | 440 | -17,07666 | 85,2168 | 55,78711 | 12,00378 | 0,15439 | 1,408478 |
| 07/09/05 | 09:35:57 | 448 | -21,69189 | 109,6299 | 65,00781 | 15,23639 | 0,180159 | 1,401428 |
| 07/09/05 | 09:36:07 | 456 | -29,99939 | 149,2432 | 73,76709 | 27,24316 | 0,205428 | 1,393883 |
| 07/09/05 | 09:36:17 | 408 | -35,5376 | 205,4395 | 85,75439 | 37,8645 | 0,234731 | 1,386238 |
| 07/09/05 | 09:36:27 | 424 | -39,22998 | 305,8555 | 110,6499 | 46,63867 | 0,270687 | 1,377457 |
| 07/09/05 | 09:36:37 | 432 | -13,84601 | 591,9023 | 143,3828 | 49,87134 | 0,295595 | 1,370697 |
| 07/09/05 | 09:36:47 | 440 | 34,15259 | 919,4102 | 167,8184 | 38,32617 | 0,315424 | 1,364479 |
| 07/09/05 | 09:36:57 | 456 | 299,5293 | 1085,234 | 200,0898 | 33,70825 | 0,348076 | 1,355705 |
| 07/09/05 | 09:37:07 | 464 | 415,373 | 1179,656 | 220,376 | 30,47571 | 0,365387 | 1,350426 |
| 07/09/05 | 09:37:17 | 416 | 516,9063 | 1349,172 | 280,7715 | 30,47571 | 0,39291 | 1,342041 |
| 07/09/05 | 09:37:27 | 424 | 584,2891 | 1440,375 | 313,5039 | 35,55542 | 0,407017 | 1,337601 |
| 07/09/05 | 09:37:37 | 440 | 644,75 | 1548,164 | 357,3027 | 41,09717 | 0,435921 | 1,330452 |
| 07/09/05 | 09:37:47 | 448 | 702,4414 | 1645,352 | 412,627 | 45,25317 | 0,452394 | 1,325172 |
| 07/09/05 | 09:37:57 | 456 | 780,4375 | 1770,641 | 469,334 | 49,40942 | 0,481298 | 1,317284 |
| 07/09/05 | 09:38:07 | 408 | 833,0547 | 1908,828 | 525,5781 | 52,18018 | 0,500042 | 1,310623 |
| 07/09/05 | 09:38:17 | 424 | 874,1289 | 2086,625 | 589,6641 | 60,49268 | 0,533531 | 1,301102 |
| 07/09/05 | 09:38:27 | 432 | 899,0508 | 2222,047 | 638,0703 | 61,41626 | 0,550598 | 1,295578 |
| 07/09/05 | 09:38:37 | 440 | 951,2031 | 2400,313 | 708,1484 | 67,41943 | 0,578072 | 1,287537 |
| 07/09/05 | 09:38:47 | 456 | 984,4336 | 2525,609 | 758,4023 | 69,72852 | 0,597504 | 1,280975 |
| 07/09/05 | 09:38:57 | 464 | 1023,203 | 2746,25 | 836,3164 | 75,27002 | 0,618267 | 1,273232 |
| 07/09/05 | 09:39:07 | 416 | 1067,508 | 2912,984 | 899,9375 | 79,88818 | 0,643818 | 1,265884 |
| 07/09/05 | 09:39:17 | 424 | 1118,734 | 3059,016 | 1164,109 | 31,86108 | 0,662216 | 1,258385 |
| 07/09/05 | 09:39:27 | 440 | 1214,734 | 3190,75 | 1431,969 | 36,479 | 0,688999 | 1,249069 |
| 07/09/05 | 09:39:37 | 448 | 1316,266 | 3360,719 | 1627,445 | 39,71167 | 0,720417 | 1,239647 |
| 07/09/05 | 09:39:47 | 456 | 1362,422 | 3448,234 | 1720,578 | 39,24976 | 0,730431 | 1,234764 |
| 07/09/05 | 09:39:57 | 408 | 1445,961 | 3582,734 | 1848,281 | 44,7915 | 0,759628 | 1,225189 |
| 07/09/05 | 09:40:07 | 424 | 1514,266 | 3687,297 | 1940,031 | 48,02393 | 0,771812 | 1,214493 |
| 07/09/05 | 09:40:17 | 432 | 1493,492 | 3652,75 | 1908,68 | 46,17676 | 0,743256 | 1,203194 |
| 07/09/05 | 09:40:27 | 440 | 1505,031 | 3664,734 | 1913,289 | 46,17676 | 0,746609 | 1,192642 |
| 07/09/05 | 09:40:37 | 456 | 1518,414 | 3682,234 | 1922,508 | 44,7915 | 0,751789 | 1,180504 |
| 07/09/05 | 09:40:47 | 464 | 1536,875 | 3705,734 | 1943,719 | 43,86792 | 0,757805 | 1,167389 |
| 07/09/05 | 09:40:57 | 416 | 1547,953 | 3721,391 | 1955,703 | 44,32959 | 0,761555 | 1,154121 |
| 07/09/05 | 09:41:07 | 424 | 1561,336 | 3741,203 | 1967,688 | 44,32959 | 0,76545 | 1,140945 |
| 07/09/05 | 09:41:17 | 440 | 1579,336 | 3766,063 | 1987,977 | 42,48242 | 0,776596 | 1,127632 |
| 07/09/05 | 09:41:27 | 448 | 1583,031 | 3772,063 | 1990,742 | 41,09717 | 0,772305 | 1,117813 |
| 07/09/05 | 09:41:37 | 456 | 1595,953 | 3788,172 | 2001,805 | 40,63525 | 0,772404 | 1,104401 |
| 07/09/05 | 09:41:47 | 408 | 1609,336 | 3811,219 | 2025,781 | 41,09717 | 0,781876 | 1,089851 |
| 07/09/05 | 09:41:57 | 424 | 1619,953 | 3825,484 | 2034,539 | 39,24976 | 0,782024 | 1,074753 |
| 07/09/05 | 09:42:07 | 432 | 1633,336 | 3846,219 | 2043,297 | 39,24976 | 0,785328 | 1,056602 |
| 07/09/05 | 09:42:17 | 440 | 1635,188 | 3855,438 | 2053,438 | 41,09717 | 0,787991 | 1,046837 |
| 07/09/05 | 09:42:27 | 456 | 1631,031 | 3841,156 | 2040,531 | 36,479 | 0,770779 | 1,029282 |
| 07/09/05 | 09:42:37 | 464 | 1631,492 | 3843 | 2046,063 | 36,01733 | 0,769939 | 1,010834 |
| 07/09/05 | 09:42:47 | 416 | 1643,492 | 3856,359 | 2063,578 | 33,24634 | 0,779114 | 0,992634 |
| 07/09/05 | 09:42:57 | 424 | 1649,953 | 3866,953 | 2076,031 | 32,32275 | 0,777782 | 0,973251 |
| 07/09/05 | 09:43:07 | 440 | 1667,031 | 3891,828 | 2100 | 33,24634 | 0,790901 | 0,94775 |
| 07/09/05 | 09:43:17 | 448 | 1677,641 | 3908,859 | 2116,594 | 33,24634 | 0,794056 | 0,92141 |
| 07/09/05 | 09:43:27 | 456 | 1679,492 | 3911,172 | 2125,828 | 32,32275 | 0,786018 | 0,900349 |
| 07/09/05 | 09:43:37 | 408 | 1692,414 | 3935,578 | 2146,563 | 33,70825 | 0,796917 | 0,872334 |
| 07/09/05 | 09:43:47 | 424 | 1706,719 | 3950,781 | 2161,781 | 34,63184 | 0,793121 | 0,846241 |
| 07/09/05 | 09:43:57 | 432 | 1727,031 | 3989,469 | 2200,516 | 35,09375 | 0,81078 | 0,820396 |
| 07/09/05 | 09:44:07 | 440 | 1730,258 | 3997,766 | 2209,266 | 34,16992 | 0,803577 | 0,802345 |
| 07/09/05 | 09:44:17 | 456 | 1751,492 | 4030,922 | 2244,313 | 36,01733 | 0,81152 | 0,777977 |
| 07/09/05 | 09:44:27 | 464 | 1774,102 | 4069,156 | 2281,656 | 34,63184 | 0,821678 | 0,752674 |
| 07/09/05 | 09:44:37 | 416 | 1779,641 | 4082,984 | 2301,469 | 35,55542 | 0,815956 | 0,72456 |
| 07/09/05 | 09:44:47 | 424 | 1795,797 | 4113,844 | 2338,813 | 38,32617 | 0,826317 | 0,691612 |
| 07/09/05 | 09:44:57 | 440 | 1804,563 | 4128,563 | 2365,094 | 36,01733 | 0,824638 | 0,664928 |
| 07/09/05 | 09:45:07 | 448 | 1832,258 | 4174,625 | 2435,641 | 38,78809 | 0,84264 | 0,623695 |
| 07/09/05 | 09:45:17 | 456 | 1841,023 | 4197,219 | 2496,5 | 40,17334 | 0,845551 | 0,587639 |
| 07/09/05 | 09:45:27 | 408 | 1864,563 | 4238,219 | 2603,453 | 42,02075 | 0,842148 | 0,546501 |
| 07/09/05 | 09:45:37 | 424 | 1880,258 | 4269,063 | 2734,391 | 41,09717 | 0,84491 | 0,50808 |
| 07/09/05 | 09:45:47 | 432 | 1907,023 | 4326,656 | 2864,859 | 45,25317 | 0,859165 | 0,468031 |
| 07/09/05 | 09:45:57 | 440 | 1905,641 | 4334,938 | 2927,563 | 42,94434 | 0,844711 | 0,443811 |
| 07/09/05 | 09:46:07 | 456 | 1897,789 | 4324,813 | 2933,547 | 41,55884 | 0,835785 | 0,443419 |
| 07/09/05 | 09:46:17 | 464 | 1893,641 | 4320,188 | 2937,703 | 40,17334 | 0,831051 | 0,443319 |
| 07/09/05 | 09:46:27 | 416 | 1889,023 | 4319,281 | 2942,766 | 42,48242 | 0,828831 | 0,443369 |
| 07/09/05 | 09:46:37 | 424 | 1889,023 | 4314,656 | 2944,156 | 38,78809 | 0,82819 | 0,443319 |
| 07/09/05 | 09:46:47 | 440 | 1886,258 | 4315,594 | 2948,766 | 40,63525 | 0,827057 | 0,443419 |
| 07/09/05 | 09:46:57 | 448 | 1885,789 | 4316,5 | 2948,766 | 40,17334 | 0,824787 | 0,443466 |
| 07/09/05 | 09:47:07 | 456 | 1883,484 | 4313,75 | 2949,688 | 37,40259 | 0,823601 | 0,443419 |
| 07/09/05 | 09:47:17 | 408 | 1882,102 | 4315,125 | 2953,844 | 40,17334 | 0,819954 | 0,443466 |
| 07/09/05 | 09:47:27 | 424 | 1881,18 | 4311,438 | 2951,531 | 36,479 | 0,820446 | 0,443516 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 07/09/05 | 09:47:37 | 432 | 1881,641 | 4310,531 | 2955,219 | 37,40259 | 0,820545 | 0,443565 |
| 07/09/05 | 09:47:47 | 440 | 1881,18 | 4309,125 | 2955,219 | 37,8645 | 0,821037 | 1,671272 |
| 07/09/05 | 09:47:57 | 456 | 1881,18 | 4310,063 | 2957,063 | 37,40259 | 0,816353 | 1,671272 |
| 07/09/05 | 09:48:07 | 464 | 1883,945 | 4307,75 | 2959,828 | 36,479 | 0,818474 | 1,673691 |
| 07/09/05 | 09:48:17 | 416 | 1875,641 | 4308,688 | 2956,609 | 36,479 | 0,818573 | 0,442284 |
| 07/09/05 | 09:48:27 | 424 | 1876,563 | 4308,219 | 2954,766 | 36,01733 | 0,817242 | 0,442184 |
| 07/09/05 | 09:48:37 | 440 | 500,7559 | 1333,047 | 971,8594 | -91,90088 | -0,003201 | 0,695656 |
| 07/09/05 | 09:48:47 | 440 | 497,0625 | 1316,93 | 962,6367 | -88,20654 | -0,005361 | 0,696545 |

Resultados Viga 38

| Data | Hora | seg. x 10 ⁻³ | Fibra 3A | Fibra 2A' | Fibra 2A | Concreto | Célula | Flecha |
|----------|----------|-------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 12/10/05 | 09:35:07 | 504 | 3,673599 | 0,458839 | 4,134796 | 3,215988 | -0,007483 | 1,445473 |
| 12/10/05 | 09:35:17 | 464 | 13,30945 | 5,046906 | 13,78388 | 7,349274 | -0,005819 | 1,445518 |
| 12/10/05 | 09:35:27 | 416 | 35,33423 | 12,84662 | 34,91992 | 17,45288 | 0,03683 | 1,437187 |
| 12/10/05 | 09:35:32 | 424 | 38,54614 | 11,92902 | 37,67676 | 16,99353 | 0,109903 | 1,419136 |
| 12/10/05 | 09:35:37 | 424 | 40,38159 | 15,14063 | 35,83887 | 19,28992 | 0,1229 | 1,415634 |
| 12/10/05 | 09:35:47 | 440 | 48,64087 | 16,97583 | 42,27173 | 23,42322 | 0,15439 | 1,408478 |
| 12/10/05 | 09:35:57 | 448 | 58,7356 | 20,64624 | 50,54224 | 23,88245 | 0,180159 | 1,401428 |
| 12/10/05 | 09:36:07 | 456 | 69,74805 | 22,94031 | 58,81299 | 30,31201 | 0,205428 | 1,393883 |
| 12/10/05 | 09:36:17 | 408 | 84,89014 | 24,31677 | 65,24561 | 31,68982 | 0,234731 | 1,386238 |
| 12/10/05 | 09:36:27 | 424 | 87,64307 | 26,61084 | 73,51611 | 31,68982 | 0,270687 | 1,377457 |
| 12/10/05 | 09:36:37 | 432 | 101,8677 | 32,5752 | 91,89551 | 33,06738 | 0,295595 | 1,370697 |
| 12/10/05 | 09:36:47 | 440 | 117,0098 | 38,53979 | 119,9238 | 35,36377 | 0,315424 | 1,364479 |
| 12/10/05 | 09:36:57 | 456 | 127,5635 | 46,33936 | 162,1963 | 37,20068 | 0,348076 | 1,355705 |
| 12/10/05 | 09:37:07 | 464 | 128,0225 | 44,96289 | 170,0068 | 44,0896 | 0,365387 | 1,350426 |
| 12/10/05 | 09:37:17 | 416 | 128,9395 | 47,71582 | 174,6016 | 48,68213 | 0,39291 | 1,342041 |
| 12/10/05 | 09:37:27 | 424 | 128,9395 | 47,71582 | 177,3594 | 50,51929 | 0,407017 | 1,337601 |
| 12/10/05 | 09:37:37 | 440 | 133,9873 | 43,12769 | 189,7646 | 51,89697 | 0,435921 | 1,330452 |
| 12/10/05 | 09:37:47 | 448 | 142,7051 | 50,92749 | 217,334 | 56,03027 | 0,452394 | 1,325172 |
| 12/10/05 | 09:37:57 | 456 | 153,7178 | 52,30396 | 276,6074 | 68,88916 | 0,481298 | 1,317284 |
| 12/10/05 | 09:38:07 | 408 | 165,6475 | 66,06787 | 322,5547 | 88,63721 | 0,500042 | 1,310623 |
| 12/10/05 | 09:38:17 | 424 | 188,1318 | 120,207 | 396,5313 | 107,9258 | 0,533531 | 1,301102 |
| 12/10/05 | 09:38:27 | 432 | 208,7803 | 179,3936 | 466,373 | 115,2739 | 0,550598 | 1,295578 |
| 12/10/05 | 09:38:37 | 440 | 229,8867 | 227,5674 | 534,8359 | 121,2446 | 0,578072 | 1,287537 |
| 12/10/05 | 09:38:47 | 456 | 259,2539 | 268,8594 | 606,5117 | 131,8066 | 0,597504 | 1,280975 |
| 12/10/05 | 09:38:57 | 464 | 296,4199 | 339,5156 | 663,0313 | 152,0146 | 0,618267 | 1,273232 |
| 12/10/05 | 09:39:07 | 416 | 311,1035 | 395,0313 | 683,707 | 209,8809 | 0,643818 | 1,265884 |
| 12/10/05 | 09:39:17 | 424 | 331,752 | 408,7969 | 689,2188 | 279,2266 | 0,662216 | 1,258385 |
| 12/10/05 | 09:39:27 | 440 | 348,2715 | 419,3496 | 716,7891 | 308,1602 | 0,688999 | 1,249069 |
| 12/10/05 | 09:39:37 | 448 | 376,2598 | 440,4531 | 748,4922 | 333,8789 | 0,720417 | 1,239647 |
| 12/10/05 | 09:39:47 | 456 | 409,7559 | 448,2539 | 771,9258 | 390,8262 | 0,730431 | 1,234764 |
| 12/10/05 | 09:39:57 | 408 | 445,5469 | 486,793 | 801,332 | 422,9746 | 0,759628 | 1,225189 |
| 12/10/05 | 09:40:07 | 424 | 480,8789 | 503,7695 | 833,4961 | 446,8555 | 0,771812 | 1,214493 |
| 12/10/05 | 09:40:17 | 432 | 529,5156 | 562,0352 | 951,125 | 469,8184 | 0,743256 | 1,203194 |
| 12/10/05 | 09:40:27 | 440 | 579,0703 | 615,7188 | 1043,938 | 489,5664 | 0,746609 | 1,192642 |
| 12/10/05 | 09:40:37 | 456 | 590,0859 | 629,4805 | 1060,477 | 496,4551 | 0,751789 | 1,180504 |
| 12/10/05 | 09:40:47 | 464 | 615,7813 | 667,5625 | 1129,398 | 507,9375 | 0,757805 | 1,167389 |
| 12/10/05 | 09:40:57 | 416 | 639,1836 | 706,1016 | 1207,055 | 518,957 | 0,761555 | 1,154121 |
| 12/10/05 | 09:41:07 | 424 | 670,3828 | 735,0078 | 1276,438 | 530,8984 | 0,76545 | 1,140945 |
| 12/10/05 | 09:41:17 | 440 | 745,1758 | 786,8516 | 1398,656 | 544,2188 | 0,776596 | 1,127632 |
| 12/10/05 | 09:41:27 | 448 | 806,2031 | 845,5781 | 1493,773 | 569,9336 | 0,772305 | 1,117813 |
| 12/10/05 | 09:41:37 | 456 | 861,2656 | 899,7188 | 1531,445 | 594,2773 | 0,772404 | 1,104401 |
| 12/10/05 | 09:41:47 | 408 | 924,5898 | 945,1406 | 1559,016 | 625,0469 | 0,781876 | 1,089851 |
| 12/10/05 | 09:41:57 | 424 | 1054,438 | 431,2773 | 1593,938 | 630,0977 | 0,782024 | 1,074753 |
| 12/10/05 | 09:42:07 | 432 | 494,6445 | 359,7031 | -873,0156 | 636,5273 | 0,785328 | 1,056602 |
| 12/10/05 | 09:42:17 | 440 | 449,6777 | 344,5625 | -907,0156 | 638,3633 | 0,787991 | 1,046837 |
| 12/10/05 | 09:42:27 | 456 | 423,9805 | 334,0098 | -907,9336 | 657,6523 | 0,770779 | 1,029282 |
| 12/10/05 | 09:42:37 | 464 | 408,3809 | 309,6934 | -893,6914 | 662,2461 | 0,769939 | 1,010834 |
| 12/10/05 | 09:42:47 | 416 | 384,5195 | 293,6348 | -884,043 | 670,0547 | 0,779114 | 0,992634 |
| 12/10/05 | 09:42:57 | 424 | 368,4609 | 272,9883 | -875,3125 | 677,8594 | 0,777782 | 0,973251 |
| 12/10/05 | 09:43:07 | 440 | 354,2363 | 225,2734 | -864,2852 | 688,4219 | 0,790901 | 0,94775 |
| 12/10/05 | 09:43:17 | 448 | 335,4219 | 192,2393 | -907,9336 | 686,5859 | 0,794056 | 0,92141 |
| 12/10/05 | 09:43:27 | 456 | 330,834 | 172,0518 | -951,5859 | 684,75 | 0,786018 | 0,900349 |
| 12/10/05 | 09:43:37 | 408 | 326,2461 | 160,123 | -969,5039 | 695,3125 | 0,796917 | 0,872334 |
| 12/10/05 | 09:43:47 | 424 | 325,3281 | 161,5 | -989,7227 | 710,4688 | 0,793121 | 0,846241 |
| 12/10/05 | 09:43:57 | 432 | 322,5742 | 213,3447 | -1018,211 | 742,6172 | 0,81078 | 0,820396 |
| 12/10/05 | 09:44:07 | 440 | 315,2324 | 226,1914 | -1095,398 | 710,0078 | 0,803577 | 0,802345 |
| 12/10/05 | 09:44:17 | 456 | 313,8574 | 81,66748 | -1075,188 | 707,2539 | 0,81152 | 0,777977 |
| 12/10/05 | 09:44:27 | 464 | 312,9395 | -1465,883 | -1047,156 | 672,3477 | 0,821678 | 0,752674 |
| 12/10/05 | 09:44:37 | 416 | 310,1855 | -1592,055 | -1009,48 | 639,2813 | 0,815956 | 0,72456 |
| 12/10/05 | 09:44:47 | 424 | 302,3848 | -1518,648 | -986,9648 | 631,9336 | 0,826317 | 0,691612 |
| 12/10/05 | 09:44:57 | 440 | 290,4551 | -1492,039 | -977,3164 | 628,7188 | 0,824638 | 0,664928 |
| 12/10/05 | 09:45:07 | 448 | 285,4082 | -1467,258 | -957,5586 | 627,3438 | 0,84264 | 0,623695 |
| 12/10/05 | 09:45:17 | 456 | 280,8184 | -1444,781 | -937,3398 | 628,7188 | 0,845551 | 0,587639 |
| 12/10/05 | 09:45:27 | 408 | 278,9844 | -1431,016 | -932,7461 | 622,2891 | 0,842148 | 0,546501 |
| 12/10/05 | 09:45:37 | 424 | 268,8887 | -1417,711 | -912,5313 | 622,75 | 0,84491 | 0,50808 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 12/10/05 | 09:45:47 | 432 | 263,3828 | -1397,523 | -888,1758 | 624,1289 | 0,859165 | 0,468031 |
| 12/10/05 | 09:45:57 | 440 | 263,8418 | -1390,18 | -881,2852 | 618,6172 | 0,844711 | 0,443811 |
| 12/10/05 | 09:46:07 | 456 | 261,5469 | -1391,102 | -864,2852 | 617,2383 | 0,835785 | 0,443419 |
| 12/10/05 | 09:46:17 | 464 | 258,7949 | -1395,688 | -824,3086 | 616,3203 | 0,831051 | 0,443319 |
| 12/10/05 | 09:46:27 | 416 | 251,9121 | -1391,102 | -800,875 | 611,2695 | 0,828831 | 0,443369 |
| 12/10/05 | 09:46:37 | 424 | 243,6523 | -1397,984 | -805,0117 | 608,0547 | 0,82819 | 0,443319 |
| 12/10/05 | 09:46:47 | 440 | 235,8525 | -1257,125 | -793,9844 | 606,6758 | 0,827057 | 0,443419 |
| 12/10/05 | 09:46:57 | 448 | -1489,43 | -649,2109 | -467,293 | 378,8867 | 0,824787 | 0,443466 |
| 12/10/05 | 09:47:07 | 456 | -1429,773 | -602,4102 | -473,7246 | 370,1602 | 0,823601 | 0,443419 |
| 12/10/05 | 09:47:17 | 408 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,819954 | 0,443466 |
| 12/10/05 | 09:47:27 | 424 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,820446 | 0,443516 |
| 12/10/05 | 09:47:37 | 432 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,820545 | 0,443565 |
| 12/10/05 | 09:47:47 | 440 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,821037 | 1,671272 |
| 12/10/05 | 09:47:57 | 456 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,816353 | 1,671272 |
| 12/10/05 | 09:48:07 | 464 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,818474 | 1,673691 |
| 12/10/05 | 09:48:17 | 416 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,818573 | 0,442284 |
| 12/10/05 | 09:48:27 | 424 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,817242 | 0,442184 |
| 12/10/05 | 09:48:37 | 440 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,003201 | 0,695656 |
| 12/10/05 | 09:48:47 | 440 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,005361 | 0,696545 |