

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

**ESTUDO DA ADERÊNCIA DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO EM SUBSTRATOS DE
CONCRETO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE **MESTRE EM ENGENHARIA**

PAULO ROBERTO IOPPI

FLORIANÓPOLIS, OUTUBRO DE 1995

IOPPI, Paulo R. *Estudo da aderência das argamassas de revestimento em substratos de concreto*. Florianópolis, 1995. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Luiz Roberto Prudêncio Jr.

Defesa: 11/10/95

Propõe [procedimento de ensaio] alternativo para avaliar os [revestimentos argamassados] quanto a resistência de [aderência ao cisalhamento por torção] e verifica-se a correlação entre resultados, com o método para determinação da resistência de aderência à tração. Correlaciona-se algumas [propriedades da argamassa] no estado fresco e endurecido e do substrato com a resistência mecânica de aderência, através de ensaios físicos de laboratório. Utilizando-se placas e blocos de concreto revestidos com [argamassa mista de cimento cal] avalia-se a variação da resistência de aderência no decorrer do tempo de cura, desde 7º dia até o 119º dia de duração. Substituindo-se a cal por [aditivo incorporador de ar], verifica-se o comportamento da aderência da argamassa de revestimento.

FLORIANÓPOLIS, OUTUBRO DE 1995

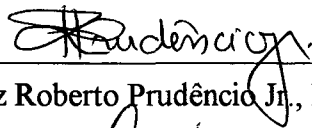
**ESTUDO DA ADERÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO EM SUBSTRATOS DE CONCRETO**

PAULO ROBERTO IOPPI

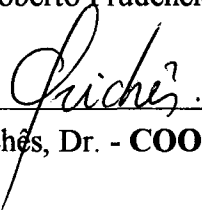
DISSERTAÇÃO APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

**ESPECIALIDADE ENGENHARIA CIVIL
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

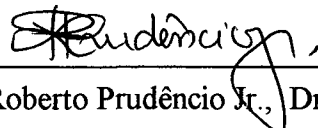


Prof. Luiz Roberto Prudêncio Jr., Dr. - **ORIENTADOR**

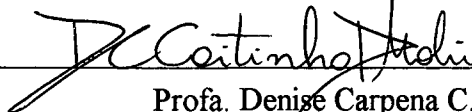


Prof. Glicério Trichês, Dr. - **COORDENADOR DO CURSO**

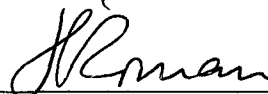
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Luiz Roberto Prudêncio Jr., Dr. - **PRESIDENTE**



Prof. Denise Carpena C. Dal Molin, Dr.



Prof. Humberto Ramos Roman, PhD.

“Gosto de homens
que pensem em
coisas nunca antes
imaginadas e digam:
- E porque não?”

Brigham Young

A minha mãe
VANILDA

Ofereço este trabalho com amor e gratidão à minha família.

Ao meu pai *Francisco*, em memória, e a minha mãe *Vanilda* por terem sempre me proporcionado condições para o desenvolvimento de meu potencial.

A minha esposa *Valéria* e minhas filhas *Victoria, Renata, Pauline e Annie*, que embora saudosas, entenderam a necessidade de eu estar estudando a maior parte do tempo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia da Amazônia - UTAM

Ao Departamento de Estradas de Rodagem do Amazonas - DERAm

A CAPES - MEC

Aos técnicos do laboratório de materiais: Renato e Luiz Henrique

Ao Eng. Fabrício Búrigo

A Profa. Henriette L. LaRovere

Ao graduando André Righetto

A Toniolo pré-moldados Ltda.

Aos médicos, estagiários e funcionários do Hospital Universitário - UFSC pelo atendimento atencioso e eficiente prestado a mim e a minha família.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao professor Luiz Roberto Prudêncio Jr. - pela orientação ampla e segura

Ao graduando Wilson Jun Yriama - pela colaboração nos ensaios

Ao Eng. Fernando Avancini Tristão - pelo coleguismo e ajuda

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

Capítulo I

INTRODUÇÃO.....	1
OS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSAS	
1.1 Origem dos revestimentos.....	5
1.1.1 - Os materiais e as argamassas.....	5
1.1.2 - As argamassas e os revestimentos em base de concreto.....	5
1.2 Camadas de constituição.....	6
1.3 Usos e funções dos revestimentos.....	7
1.4 O desempenho das argamassas de revestimento.....	8
1.4.1 - Fatores que afetam o desempenho na fase de construção.....	8
1.4.2 - Fatores que afetam o desempenho na fase de uso.....	9
1.5 Os fatores de desempenho dos revestimentos que possuem uma relação direta com a aderência.....	9
1.5.1 - Fatores de projeto.....	10
1.5.2 - Fatores relacionados com os materiais.....	11
1.5.3 - Fatores relativos à mão-de-obra.....	13

Capítulo II**PROPRIEDADES, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E AS CORRELAÇÕES COM A ADERÊNCIA**

2.1	Os estudos sobre aderência de argamassas.....	15
2.2	Propriedades das argamassas no estado fresco.....	18
2.2.1	- Adesão inicial.....	18
2.2.2	- Consistência e plasticidade.....	20
2.2.3	- Retenção de água e de consistência.....	21
2.2.4	- Teor de ar incorporado e massa específica.....	25
2.3	Propriedades dos revestimentos endurecidos.....	26
2.3.1	- Resistência mecânica.....	26
2.3.2	- Capacidade de absorver deformações.....	29
2.4	Características e propriedades do substrato.....	35
2.4.1	- Sucção e absorção de água capilar.....	35
2.4.2	- Natureza da base.....	37
2.5	Métodos de ensaio e valores limites de aderência dos revestimentos normalizados no exterior e em estudo para normalização nacional	41

Capítulo III**ESTUDO EXPERIMENTAL DA ADERÊNCIA DE ARGAMASSAS MISTAS DE CIMENTO-CAL EM SUBSTRATOS DE CONCRETO**

3.1	Objetivos do trabalho.....	46
3.2	Descrição dos materiais, traços e bases de revestimento utilizados na pesquisa.....	47
3.3	Metodologia empregada.....	50
3.3.1	- Caracterização dos materiais.....	50
3.3.1.1	- Caracterização dos materiais constituintes das argamassas.....	50
3.3.1.2	- Caracterização dos componentes de concreto usados como substrato.....	51

3.3.2 - Produção dos corpos-de-prova.....	53
3.3.2.1 - Produção das placas de concreto.....	53
3.3.2.2 - Produção das argamassas.....	53
3.3.2.3 - Moldagem e cura dos corpos-de-prova cilíndricos.....	54
3.3.2.4 - Produção dos revestimentos e preparo dos corpos-de-prova.....	55
3.4 Propriedades, métodos de avaliação e resultados obtidos.....	56
3.4.1 - Método de avaliação das argamassas.....	56
3.4.1.1 - Ensaio das argamassas no estado fresco.....	56
3.4.1.2 Ensaio das argamassas no estado endurecido.....	58
3.4.2 - Métodos de avaliação dos substratos.....	61
3.4.3 - Métodos de avaliação dos revestimentos.....	71

Capítulo IV

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO EXPERIMENTAL E CONCLUSÕES

4.1 Variação das propriedades das argamassas no estado fresco.....	78
4.2 Variação das propriedades das argamassas endurecidas.....	81
4.2.1 - Resistência à compressão e à tração.....	81
4.2.2 - Módulo de deformação estática.....	82
4.3 Variação das propriedades dos corpos-de-prova do substrato.....	84
4.3.1 - Índice de absorção de água inicial.....	84
4.3.2 - Capacidade de absorção da base através da perda de água da argamassa...86	
4.3.3 - Efeito da sucção do substrato na resistência de aderência.....	87
4.4 Variação das propriedades dos corpos-de-prova do revestimento.....	89
4.4.1 - Resistência de aderência á tração e ao cisalhamento.....	89

Capítulo V**CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

5.1 Considerações finais.....	94
5.2 Recomendações para futuros trabalhos.....	96

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas.....	97
---------------------------------	----

ANEXOS

Anexo I.....	103
Anexo II.....	116
Anexo III.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Espessuras admissíveis (e) pelo projeto de norma 02:102.17-001 (ABNT - CB.02, 1993) para as camadas de revestimentos internos e externos, em mm.....	6
Tabela 1.2: Usos e funções das argamassas de revestimento.....	7
Tabela 2.1: Resultados da pesquisa de MURRAY (1983) sobre a influência da consistência inicial da argamassa fresca na resistência de aderência por tração de revestimentos de argamassa.....	21
Tabela 2.2: Resistência de aderência à tração usando argamassas convencionais e com ar incorporado (BOYNTON & GUTSCHICK, 1964).....	25
Tabela 2.3: Níveis de aderência dos revestimentos, conforme a relação entre a resistência à tração da argamassa e a resistência ao cisalhamento na interface do revestimento (JOISEL, 1981).....	32
Tabela 2.4: Valores da pesquisa de MURRAY (1983) sobre a influência da absorção de água capilar de blocos cerâmicos na resistência de aderência por tração de revestimentos de argamassa.....	37
Tabela 2.5: Espectro de poros capilares de unidades representativas.....	39
Tabela 2.6: Principais características de diferentes métodos de ensaio preconizados por diversas normas, para avaliação da resistência de aderência de revestimentos à tração. (SELMO & CARASEK, 1991).....	43
Tabela 2.7: Valores limites de resistência de aderência sugeridos pelo P.N.02:102.17-001 (ABNT).....	45
Tabela 3.1: Traços estudados na pesquisa.....	49
Tabela 3.2: Tipo e dimensões das bases estudadas na pesquisa.....	50
Tabela 3.3: Caracterização do cimento.....	51
Tabela 3.4: Caracterização da cal.....	51
Tabela 3.5: Caracterização do agregado miúdo.....	52
Tabela 3.6: Caracterização das placas e blocos de concreto.....	52
Tabela 3.7: Resultados obtidos para argamassa no estado fresco.....	56
Tabela 3.8: Resultados do ensaio de massa específica e teor de ar.....	58

Tabela 3.9: Resultados obtidos para a argamassa no estado endurecido.....	58
Tabela 3.10: Resultados do ensaio de resistência à compressão simples por tipo de argamassa, aos 28 dias.....	59
Tabela 3.11: Resultados do ensaio de resistência à compressão simples, com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.....	59
Tabela 3.12: Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral, por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.....	59
Tabela 3.13: Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral, com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.....	59
Tabela 3.14: Resultados do ensaio de módulo de deformação estática com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.....	60
Tabela 3.15: Resultados do ensaio de módulo de deformação estática por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.....	60
Tabela 3.16: Resultados do ensaio de índice de absorção de água capilar inicial (IRA).....	63
Tabela 3.17: Resultados do ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.....	65
Tabela 3.18: Resultados do ensaio de retenção de consistência.....	66
Tabela 3.19: Resultados do ensaio de perda total de água em mufla à 600°C.....	67
Tabela 3.20: Resultados do ensaio MR-4 RILEM.....	70
Tabela 3.21: Resultados do ensaio de adesão inicial - Arg. "A".....	71
Tabela 3.22: Resultados do ensaio de aderência à tração de revestimento, por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.....	73
Tabela 3.23: Resultados do ensaio de aderência à tração, em revestimento de argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.....	74
Tabela 3.24: Resultados do ensaio de aderência ao cisalhamento por torção de revestimento, por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.....	77
Tabela 3.25: Resultados do ensaio de aderência ao cisalhamento por torção, em revestimento de argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.....	77
Tabela 4.1: Correlação entre os valores dos ensaios com argamassa fresca e os valores de resistência de aderência à tração do revestimento na idade de 28 dias.....	79

Tabela 4.2: Correlação entre os resultados de resistência mecânica e aderência.....	81
Tabela 4.3: Correlação entre a evolução dos resultados de resistência mecânica e a evolução dos resultados de aderência, obtidos com argamassa traço "A1" (1:1:6).....	82
Tabela 4.4: Correlação entre os resultados médios de módulo de deformação estática e resistência mecânica de aderência.....	83
Tabela 4.5: Correlação entre a evolução dos resultados de módulo de deformação estática e a evolução dos resultados de aderência, obtidos com argamassa traço "A1" (1:1:6).....	84
Tabela 4.6: Valores médios obtidos nos ensaios normalizados de absorção inicial.....	85
Tabela 4.7: Valores médios de aderência, métodos de ensaio e procedimentos para avaliação da capacidade de absorção inicial.....	86
Tabela III-a: Resumo dos principais dados do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento, incluindo o número de eventos por forma de ruptura.....	133
Tabela III-b: Resumo dos principais dados do ensaio de resistência de aderência à tração, incluindo o número de eventos por forma de ruptura.....	134
Tabela III-c: Resumo dos valores médios de tensão por forma de ruptura.....	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Escala cronológica dos materiais usados em argamassas (MARTINELLI, 1989)...	5
Figura 2.1: Polarização da molécula de água devido a transformação do siloxano em silanol, por hidrólise (GALLEMBECK, 1985).....	22
Figura 2.2: Relação entre a resistência de aderência à tração de pares de blocos de concreto e a resistência à compressão de argamassas (National Lime Association, 1962).....	28
Figura 2.3: Princípio teórico de Joisel para equacionar o espaçamento entre fissuras por tração de um revestimento de argamassa JOISEL (1981).....	31
Figura 2.4: Fissuras por esforços de tração decorrentes do cisalhamento de um revestimento aplicado sobre uma junta, por recalque da base à direita desta (JOISEL, 1981).....	33
Figura 2.5: Esquemas básicos de ensaio para avaliação da resistência de aderência por tração de revestimentos de acordo as normas: MR-21 (RILEM, 1982); ME-10 (IPT, 1981); PN 02:002.17-003 (ABNT, 1995).....	42
Figura 2.6: Esquema do ensaio de arrancamento por cisalhamento para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por torção normalizado pela RILEM (1982), MR-20.....	44
Figura 2.7: Esquema do ensaio de arrancamento para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por compressão proposto pela RILEM (1982), MR-14.....	44
Figura 3.1: Especificações, métodos de ensaio e procedimentos utilizados na pesquisa.....	48
Figura 3.2: Esquema do ensaio de absorção pelo método do IRA.....	61
Figura 3.3: Desenho esquemático do cachimbo de vidro.....	63
Figura 3.4: Representação esquemática da distribuição de tensões no ensaio de resistência de aderência à tração.....	73
Figura 3.5: Representação esquemática da distribuição de tensões no ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento.....	75
Figura 3.6: Esquema de variação da tensão de cisalhamento, em função do raio do corpo-de-prova.....	75
Figura 3.7: Esquema do dispositivo de torção.....	76
Figura 4.1: Retenção de consistência de argamassas (BS 4551).....	79
Figura 4.2: Resistência mecânica à compressão e á tração de argamassas.....	82

Figura 4.3: Módulo de elasticidade de argamassas	83
Figura 4.4: Influência do chapisco na resistência de aderência de argamassas aplicadas sobre blocos de concreto.....	88
Figura 4.5: Relação entre aderência do revestimento e a sucção das bases com chapisco.....	88
Figura 4.6: Percentuais de formas de ruptura incidentes nos ensaios de aderência à tração....	90
Figura 4.7: Percentuais de formas de ruptura incidentes nos ensaios de avaliação da aderência ao cisalhamento.....	91
Figura 4.8: Resistência de aderência à tração e ao cisalhamento sobre blocos e placas de concreto com chapisco (28 dias).....	92
Figura 4.9: Curva e equação de correlação entre os valores médios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento.....	93

RESUMO

O desempenho dos revestimentos argamassados está relacionado, entre outras propriedades, à aderência e à sua durabilidade. Assim, independente do proporcionamento da argamassa e qualidade dos materiais empregados, é essencial que existam condições de aderência do revestimento à base.

A preocupação em conhecer melhor as propriedades e fenômenos que afetam o descolamento dos revestimentos pode evitar a desagradável sensação do retrabalho, acidentes perigosos, a insatisfação do usuário e o custo dos reparos.

No presente trabalho estuda-se a influência de algumas propriedades da argamassa, no estado fresco e endurecido e do substrato na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, através de ensaios físicos de laboratório.

Utilizando-se placas de pequenas dimensões e blocos de concreto, revestidos com argamassa mista de cimento e cal, avalia-se a variação da resistência mecânica de aderência no decorrer do tempo de cura, desde o 7º dia até o 119º dia de duração. Substituindo-se a cal por aditivo incorporador de ar, verifica-se o comportamento da aderência da argamassa de revestimento.

Propõe-se, também, um procedimento alternativo para avaliar os revestimentos argamassados quanto a resistência de aderência ao cisalhamento por torção e verifica-se a correlação entre resultados, com o método para determinação da resistência de aderência à tração.

Sugerem-se procedimentos e abordam-se propriedades que possam servir de subsídio para comitês de normalização, para indústria de aditivos e de argamassas pré-dosadas e espera-se contribuir com o setor da construção civil no sentido de garantir uma aderência mais eficiente para as argamassas de revestimento.

ABSTRACT

The mortars' rendering performance is related, among other properties, to bond strength and to its durability. Therefore whatever the proportion of mortar and the quality of the materials in use, there must be appropriate conditions of adherence between the substrate and the mortar.

A previous knowledge of the properties and phenomena that affect the rendering bond strength can avoid, hazardous accidents, the displeasure of redoing the work, dissatisfaction to the user and the expense of restoration.

The present work investigates the correlation of some plastic and hardened mortar properties, and the base characteristics in the tensile and shear bond through physical tests in laboratory.

It is intended to evaluate the change of the adhesion along curing process from the 7th day up to the 119th day, using small sized concrete plates and blocks covered with mortars of cement-lime.

Other two aspects of the research are: the study of the correlation between tensile and shear bond strength test results, in order to establish an alternative test method; the performance of air-entrained admixture as a replacement of hydrated lime in rendering mortars in term of bond strength.

This work attempts to establish parameters, procedures and properties which can be used to produce new standards to provide improvements in admixture and mortar industries, as well as to cooperate with building construction in assuring better performance for mortars' rendering.

INTRODUÇÃO

Provavelmente foi na época do Império Romano que os homens tiveram a idéia de misturar um material aglomerante, a pozolana (cinzas vulcânicas), com materiais inertes dando origem às primeiras argamassas (MARTINELLI, 1989). Portanto, há mais de 2000 anos, este material vem sendo utilizado tanto para pavimentar as edificações como para unir e revestir os blocos que formam as paredes e muros das mesmas. Após o advento do concreto, a argamassa passou a ser usada, também, para revestir as peças que formavam a estrutura das edificações.

Segundo o PN 02:102.17-003 (1995) argamassa é a "mistura de aglomerantes e agregados minerais com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência", ou como PIANCA (1967) define: "pasta composta de aglomerantes e água, às quais se incorpora geralmente um material inerte, a areia, para diminuir a contração e torná-la mais econômica".

Segundo a mesma norma, revestimento é o "recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas superpostas de argamassa em espessura via de regra uniforme apta a receber, sem danos, uma decoração final".

No revestimento endurecido conceitua-se aderência como a "propriedade do revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o substrato" (CB-02, ABNT-PN 02:102.17-003).

Nas edificações, uma das maiores razões de falha das argamassas de revestimento está relacionada com a perda ou falta de aderência ao substrato (CARASEK, 1991). Assim, a capacidade da argamassa de atingir uma completa, resistente e durável aderência com a base, talvez seja a mais importante propriedade concernente ao comportamento de um revestimento

O estudo das possíveis causas de descolamentos das argamassas mistas de assentamento e revestimento das alvenarias de tijolo cerâmico tem sido objeto de vários trabalhos de pesquisa e dissertações.

No entanto, se faz necessário estender este estudo para outros substratos como lajes, vigas, pilares, paredes, muros e blocos de concreto, pois sabe-se que no Brasil são freqüentes os processos construtivos de edificações que empregam componentes de concreto revestidos com argamassas mistas, (no âmbito deste trabalho, deve-se entender como argamassas mistas aquelas compostas por cimento Portland e cal), tanto interna como externamente.

O descaso pelas argamassas, durante a construção, pode levar ao desempenho inadequado dos revestimentos, causando dissabor tanto para o proprietário da obra, como para o seu construtor, pois dá origem a controvérsias e discussões entre as partes interessadas quanto às possíveis causas, além de gerar custos de reparo significativos. Conforme o caso, pode provocar a total insatisfação do usuário que, ao dar dimensões ainda maiores ao fato, fará uma anti-propaganda do nome da construtora.

Tem sido constatada, mais freqüentemente, a ocorrência de problemas de aderência da argamassa quando trata-se de revestimento em substratos de concreto obtidos a partir de formas metálicas ou de formas de compensado plastificado. A carência de soluções tecnológicas tem provocado, em certos casos, o deslocamento destes revestimentos que pode gerar acidentes aos usuários, além das implicações econômicas.

A relevância econômica e social do problema é sentida quando se leva em conta o custo dos materiais de construção e da mão-de-obra como também o fato de um descolamento do revestimento, mesmo sem gravidade, apresentar-se em dezenas ou centenas de unidades, quando se trata de um conjunto habitacional (CINCOTTO, 1989).

Nas obras que empregam alvenaria estrutural esta situação pode ser ainda mais crítica, considerando-se que neste tipo de edificação as paredes são resistentes e apresentam um maior nível de tensões internas que provocam deformações, muitas destas não absorvidas pelos revestimentos (MEDEIROS, 1994).

O código de defesa do consumidor veio aumentar a preocupação dos construtores em garantir a qualidade dos revestimentos argamassados das obras que colocam no mercado, fomentar a fabricação de aditivos-adesivos como materiais alternativos para proporcionar um ganho de aderência e estimular as pesquisas tecnológicas nessa área (BAUER, 1993).

De modo a contribuir para a melhoria do desempenho das argamassas de revestimento de um modo geral e especificamente de revestimentos executados sobre bases de concreto armado e paredes de blocos de concreto, propõe-se estudar a influência de algumas propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido e do substrato no comportamento da aderência, assim como avaliar a resistência de aderência ao longo do tempo de cura.

O presente trabalho apresenta uma compilação das metodologias, de normas e recomendações, para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento e discute, com base em resultados experimentais e correlações com o ensaio de tração, a sua validade para estabelecer propriedades e quantificar a resistência de aderência, para especificação por normas. Outro aspecto da presente dissertação é avaliar a contribuição dos aditivos de base organo-sintética na resistência de aderência.

Divide-se, assim, o trabalho em duas partes: A primeira é composta de dois capítulos onde apresenta-se um breve estado-da-arte sobre revestimentos argamassados, aderência argamassa-substrato e as propriedades que influem na aderência. A segunda parte, formada por três capítulos, apresenta a fase experimental da dissertação, composta dos ensaios, interpretação e análise dos resultados, assim como das conclusões obtidas e de sugestões para estudos subseqüentes.

O Capítulo I faz um breve retrospecto da origem dos revestimentos, onde discorre-se sobre as camadas que os constituem e descreve-se as funções que podem ser atribuídas aos cobrimentos argamassados seguido dos fatores que influenciam o seu desempenho, dando destaque àqueles que possuem uma relação direta com a aderência dos revestimentos.

O Capítulo II inicia com um relato sobre as pesquisas e trabalhos feitos em aderência de argamassas que serviram de base para o desenvolvimento do tema. Aborda particularmente as

propriedades de interesse da adesão base-revestimento, com ênfase nas propriedades a serem estudadas. No final desse capítulo, apresenta-se as exigências das normas estrangeiras no que diz respeito a métodos de ensaio e valores de aderência, assim como os estudos do CB-02, para especificação nacional.

Os Capítulos III e IV descrevem a parte experimental do trabalho. Os objetivos, materiais, metodologia empregada e resultados obtidos fazem parte do Capítulo III, enquanto que o tratamento estatístico e análise dos resultados estão presentes no Capítulo IV e Anexos.

O Capítulo V contém as considerações finais e sugestões, para estudos subseqüentes, que possam contribuir para o desenvolvimento do assunto.

I OS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSAS

1.1 Origem dos revestimentos

1.1.1 Os materiais e as argamassas

Os poucos registros existentes sobre a utilização de materiais como argamassas, deixados por arqueólogos e historiadores da Arquitetura, permitem-nos concluir que a argila molhada foi o primeiro material a ser usado pelo homem para unir e revestir os elementos de uma construção. Segundo MARTINELLI (1989), "estes registros nos ajudam a traçar uma escala cronológica dos materiais usados em argamassas", de assentamento e/ou revestimento:

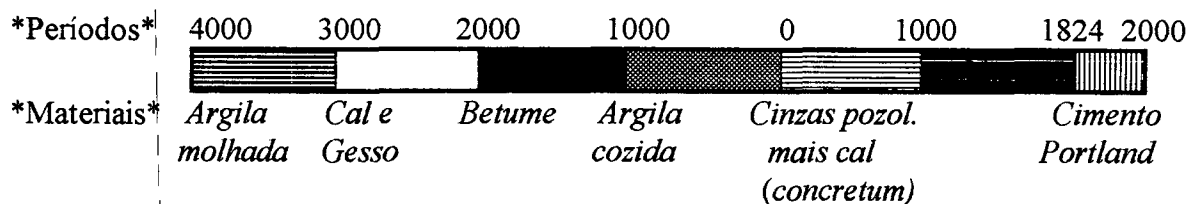


Figura 1.1: Escala cronológica dos materiais usados em argamassas (MARTINELLI, 1989).

Como se pode observar na escala acima, foram necessários 5.000 anos para transformar o calcário, que nos primórdios das eras nasceu para a construção como "Cal", em cimento Portland o qual é indispensavelmente usado em qualquer uma das atuais argamassas de revestimento.

1.1.2 As argamassas e os revestimentos em base de concreto

Boltshauser (1966), citado por SELMO (1989), indica que os romanos em suas paredes de "concreto" (camadas de argamassa com pozolana, alternadas com camadas de cascalho), após removerem o "taipal" (forma), revestiam a face aparente do concreto com argamassa "forte", isto é, misturas de cal, areia e água ou com adição de gesso no caso dos revestimentos internos.

Os revestimentos passaram a apresentar aglomerantes hidráulicos à base de cimento "Romano" ou "Portland", à partir do século XIX, conforme a BS 5262 (BSI, 1976).

1.2 - Camadas de constituição

As camadas de constituição dos revestimentos são denominadas de emboço e reboco, podendo-se, caso necessário, aplicar previamente um suporte de revestimento (tela metálica, por exemplo) ou uma camada de chapisco (ver Tab. 1.1).

Chapisco é a camada contínua ou descontínua aplicada diretamente sobre a base de revestimento, com a finalidade de regularizar a capacidade de absorção de água da superfície e melhorar a aderência (ancoragem mecânica) da camada subsequente.

Emboço, conforme o projeto de norma 02:102.17-004 (ABNT-CB.02, 1993) , é a camada executada para cobrir e regularizar a base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou se constitua no acabamento final.

Segundo a mesma norma, o reboco é a camada de revestimento utilizada para cobrir o emboço e deve propiciar uma superfície que permita o revestimento decorativo ou se constitua no acabamento final.

Tabela 1.1: Espessuras admissíveis (e), em mm, pelo projeto de norma 02:102.17-001 (ABNT CB.02, 1993) para as camadas de revestimentos internos e externos.

CAMADAS	Revestimento de parede		Revestimento de teto Interno e Externo
	Interno	Externo	
Emboço	$5 \leq e \leq 20$	$15 \leq e \leq 25$	$e \leq 15$
Emboço + Reboco	$10 \leq e \leq 30$	$20 \leq e \leq 30$	$e \leq 20$
Camada Única	$5 \leq e \leq 30$	$15 \leq e \leq 30$	$e \leq 20$

e = espessura

1.3 - Usos e funções dos revestimentos

Ao longo do tempo, independente do tipo de material ou do uso à que se destina, deve-se exigir sempre as mesmas funções básicas dos revestimentos argamassados:

- (*) unir
- vedar
- regularizar
- proteger

(*) A função de unir é básica nas argamassas de assentamento, porém pode ser estendida às argamassas de revestimento quando se utiliza o chapisco, o qual é uma camada responsável pela boa união entre os substratos de concreto e camadas posteriores do revestimento (ver Tab. 1.2).

Tabela 1.2: Usos e funções das argamassas de revestimento

Usos	Funções
Chapisco	Unir camadas de revestimento ao substrato
Emboço	Vedar a alvenaria, regularizar a superfície e proteger a base
Reboco	Vedar o emboço e dar um acabamento estético

Entre outras funções importantes dos revestimentos argamassados pode-se citar:

- Estanqueidade à água
- Conforto térmico
- Isolamento acústico
- Resistência ao fogo
- Regularização da base
- Aparência e decoração
- Proteção da base

Segundo MURRAY (1983), os revestimentos externos servem principalmente para aumentar a durabilidade, reduzir a penetração da chuva e, em certos casos, melhorar a aparência das bases de alvenaria.

1.4 - O desempenho das argamassas de revestimento:

Segundo a ISO 6240 (1984), o desempenho de um produto é definido pelo seu **comportamento em uso** (JOHN, 1994) e tal como definido pelo CIB (Conseil International du Batiment), é avaliado pelo grau de satisfação das necessidades - conscientes ou inconscientes - dos usuários (JOHN, 1987).

O principal requisito de desempenho dos revestimentos é a durabilidade e a exigência desse fator deve ser entendida como a aptidão de um produto em manter sua capacidade de atender as necessidades dos usuários, ao longo do tempo, no ambiente específico em que é empregado (CIB, 1984, citado por JOHN, 1987).

A obtenção de revestimentos de desempenho compatível deve ser baseada tanto na correta compreensão de suas funções e propriedades, quanto no conhecimento das argamassas que os constituem e dos substratos que lhes servem de base (MEDEIROS, 1994). A avaliação de desempenho deve abranger a fase de construção e de uso do edifício.

1.4.1 Fatores que afetam o desempenho na fase de construção.

O desempenho durante a fase de construção está ligado à *facilidade de aplicação* das argamassas, a qual está ligada aos seguintes fatores:

- Grau de umedecimento da base
- Adesão inicial
- Espessura final do revestimento
- Facilidade de produção
- Facilidade de acabamento
- Método de aplicação
- Tempo disponível entre a mistura e a aplicação
- Tempo disponível entre a aplicação e o desempenamento
- Risco de fissuração
- Desperdícios
- Adequação à estrutura produtiva da obra

1.4.2 Fatores que afetam o desempenho na fase de uso

Tendo em vista as funções principais dos revestimentos de argamassa analisadas no item 1.3, resulta que a *durabilidade* é um dos seus principais requisitos de desempenho, a qual depende dos seguintes fatores:

- Exposição a intempéries
- Efeitos da poluição atmosférica
- Especificações de acabamentos
- Detalhes arquitetônicos
- Características da base
- Propriedades da argamassa fresca e endurecida
- Características e proporção dos materiais constituintes
- Danos causados por abrasão ou impacto
- Manutenção periódica

Em cada um desses fatores há um grande número de variáveis e todas, obviamente, não podem ser estudadas em um único programa de testes. As manifestações patológicas dos edifícios, tem mostrado que a aderência, em particular, tem efeito marcante na durabilidade dos revestimentos argamassados.

1.5 Os fatores de desempenho dos revestimentos que possuem uma relação direta com a *aderência*.

De acordo com MURRAY (1983), os fatores que afetam a aderência podem ser divididos em três grupos:

- Fatores ligados ao projeto
- Fatores inerentes aos materiais
- Fatores que dependem da mão-de-obra

1.5.1 Fatores de projeto

□ **Proteção de formas estruturais e detalhes arquitetônicos:** A BS 5262 (BSI, 1976) prescreve que eles podem contribuir para uma boa aparência e durabilidade do revestimento. No entanto, salienta que seu uso indevido causa efeitos adversos.

□ **Especificação de materiais:** Conforme AZEREDO (1978), a habilidade da cal em evitar minúsculas fissuras e preencher vazios (restabelecimento autógeno) contribui para melhorar a aderência.

□ **Definição do tipo de acabamento:** O acabamento superficial do revestimento deve ser adequado ao tipo de argamassa utilizada, (ABNT PN 02:102.17-002). A escolha correta do tipo de acabamento pode evitar a degradação acelerada do revestimento. Sendo esse um fator importante no desempenho dos revestimentos, relaciona-se a seguir, de acordo com as normas 02:102.17-004 (ABNT, 1993) e BS 5262 (BSI 1976), os principais tipos de acabamento e o respectivo comportamento:

* **Desempenado e feltrado:** acabamento liso obtido quando o reboco é sarrafeado e alisado com desempenadeira e a seguir com esponja.

* **Chapiscado:** acabamento rústico obtido quando a argamassa de reboco é lançada sobre o emboço, manualmente, através de peneira ou utilizando equipamento apropriado. Em condições severas de exposição apresenta maior resistência às intempéries e à fissuração.

* **Raspado:** Acabamento rústico obtido quando o reboco é sarrafeado, desempenado e raspado com ferramenta dentada. Embora possua maior propensão ao acúmulo de sujeira, a textura rugosa tende a uma descoloração mais uniforme que a lisa e permite, ainda, uma distribuição mais uniforme da água de chuva incidente reduzindo o risco de penetração.

MOLINARI (1958) alerta para o descolamento da argamassa devido a carbonatação incompleta da cal extinta quando o reboco recebe um acabamento de pintura a óleo. Explica o autor que a superfície lisa deste tipo de pintura forma uma espécie de película impermeável, dificultando a penetração do CO₂ e a evaporação da umidade residual. Este fenômeno não

ocorre com tanta intensidade quando se usam outras pinturas (PVA, Acrílicas, etc...), as quais deixam as argamassas com cal "respirarem melhor".

1.5.2 Fatores relacionados com os materiais:

□ Natureza e características da base:

De acordo com o projeto de norma 02:102.17-004 (ABNT CB-02, 1993), a característica mais importante da base é a sua capacidade de propiciar a aderência do revestimento.

Segundo SELMO (1989), em uma enquete realizada pela RILEM, mais de 50 % dos entrevistados apontaram as *características da base que promovem a aderência* e a *textura da superfície em particular* como parâmetros que merecem mais investigações experimentais. Ainda pela enquete, a absorção de água capilar da base e a relação com a retenção de água da argamassa foram apontadas como objeto de pesquisa por 30 a 40% dos entrevistados.

Compatibilidade - Deve haver compatibilidade entre a base e o revestimento pois conforme ABNT (PN 02.102.17-005), algumas bases são mais suscetíveis do que outras em favorecer o fissuramento por retração de secagem e, se fissuras se desenvolvem durante e após o endurecimento, tanto a junta de assentamento como o revestimento tornam-se sujeitos à penetração de água, e a longo prazo, poderão ter sua aderência ao substrato enfraquecida.

Adesão inicial - Nos substratos onde a adesão inicial não é satisfatória, o desempenho do revestimento fica prejudicado pois a dificuldade de aplicação influi na extensão da aderência que resulta no enfraquecimento da sua resistência mecânica e na durabilidade inadequada do revestimento.

Absorção de água capilar e porosidade - Segundo SELMO (1989), estas propriedades tanto influem na movimentação higroscópica da base quanto afetam a aderência dos revestimentos. Devem ser consideradas antes da escolha da composição e da técnica de aplicação da argamassa.

Umidade da base - Influi diretamente na adesão inicial da massa e na taxa de absorção do substrato, afetando conseqüentemente, a resistência e durabilidade da aderência. "Quando revestimentos são aplicados sobre substratos de tijolos saturados, somente valores baixos de aderência podem ser produzidos" (MURRAY, 1981).

□ Qualidade da argamassa de revestimento: O tipo de argamassa, como veremos no Capítulo II, tem uma grande correlação com a resistência de aderência, particularmente propriedades como retenção de água, consistência inicial, teor de ar incorporado e resistência mecânica.

A extrema finura da cal e a sua estrutura em forma de placas permite a argamassa de calcimento fluir para dentro de irregularidades diminutas da base, proporcionando uma ligação mais uniforme e contribuindo para a extensão da aderência.

□ Proporção e qualidade - cimento, areia e adições: Conforme cita BOYNTON & GUTSCHICK (1964), a National Concrete Masonry Association executou um estudo sobre aderência de argamassas de 1956 a 1962, na Universidade de Toledo, onde constatou que a resistência de aderência à tração está rigorosamente relacionada à resistência à compressão das argamassas, aumentando a resistência com o teor de cimento.

"Comprovou-se que a adição de cal a uma argamassa de areia e cimento pode ser sempre positiva. Na proporção de 0,25 em volume do cimento as vantagens são sensíveis. Ocorre uma melhora na maioria das propriedades físicas e mecânicas, inclusive um aumento na capacidade de absorver deformações" (CINCOTTO, MARQUES & HELENE, 1985).

Há evidências de que areias grossas produzam argamassas ásperas e as areias finas, ao deixarem as argamassas mais trabalháveis, otimizem a aderência. No entanto GALLEGOS (1995) adverte que grãos muito finos, os que passam na peneira 0,074 mm, são deletérios para aderência.

"A granulometria da areia influencia no comportamento da aderência, principalmente em substratos de baixa absorção, onde pode ser melhorada pela utilização de areia mais fina. Em

tijolos de alta absorção a granulometria da areia não tem tanta influência, com leve acréscimo para areias bem graduadas" (MURRAY, 1983).

□ Tipo de aditivo: Segundo a ASTM C270 (ASTM, 1989), os aditivos ditos substitutos da cal devem proporcionar maior trabalhabilidade (fluidez, coesão e retenção de água) às argamassas de cimento. No entanto, frisa que o uso não controlado destes aditivos é prejudicial pois com o aumento da dosagem, diminui a resistência mecânica de aderência.

1.5.3 Fatores relativos à mão-de-obra

□ Preparação da base: Segundo o projeto de norma 02:102.17-004 (ABNT CB-02, 1993), a superfície deve ser rugosa; quando lisa deve ter a capacidade de aderência melhorada por escarificação, apicoamento ou emprego de tela metálica. A argamassa de aderência (chapisco) tem como finalidade proporcionar condições de aspereza em superfícies muito lisas e praticamente sem poros como o concreto moldado com formas de compensado plastificado.

A capacidade de aderência pode ser comprometida por sais ou pó depositados, impregnação de desmoldante, quando se trata de superfície de concreto, e emprego de água contaminada com matéria orgânica e com detergente, no caso de lavagem da superfície. Assim a "boa mão-de-obra", no preparo das superfícies para receber o revestimento, é decisiva no desempenho da aderência.

□ Controle da sucção da base: O incorreto ajustamento da sucção dos componentes da base permite que a mesma absorva parte da água necessária à plasticidade da argamassa, ocorrendo falhas de adesão.

Falhas no revestimento ocorrem sobre largas áreas ou em um único tijolo. É, portanto, de interesse obter informações sobre a variabilidade na absorção dentro do resultado de paredes e também de um tijolo em relação ao outro (MURRAY, 1981).

□ Controle local dos materiais e mistura: O controle da qualidade dos materiais no momento da aplicação é fundamental para garantir um bom desempenho na aderência dos

revestimentos. Os cuidados na extinção e preparo da pasta de cal são recomendados por MOLINARI (1958) para evitar descolamentos de argamassa de cal em alvenaria de tijolos.

□ Aplicação: A argamassa deve ser adequada ao método de aplicação, quer seja mecânico ou manual, isto é, a consistência da argamassa deve ser compatível com o processo de aplicação obtendo-se boa trabalhabilidade e máxima extensão de aderência.

O alisamento prolongado com desempenadeira pode causar a exsudação de nata de aglomerante para a superfície e secar muito rápido a argamassa tornando-a suscetível ao gretamento. A fissuração enfraquece a aderência.

□ Armazenagem: Os cuidados na estocagem dos componentes evita a excessiva umidade e seu efeito na sucção e conseqüente adesão. Garante, também, a qualidade dos componentes da argamassa.

□ Período de construção: Período necessário entre a mistura e aplicação da argamassa - Deve-se garantir a execução do revestimento em, no máximo 2,5 à 3 horas após o preparo, conforme (C 926/86 ASTM, 1987).

Tempo disponível entre a aplicação e o desempenamento - O tempo necessário para iniciar o sarrafeamento e acabamento final, depois de aplicada a argamassa, varia com a natureza do substrato e depende da taxa de absorção do mesmo e das condições climáticas no momento da aplicação. O oficial pedreiro deve ter conhecimento e experiência para obedecer este período e evitar o fissuramento por retração, oriundo da exsudação da água de amassamento por manipulação prematura.

□ Exposição subsequente: Em regiões onde o ambiente físico é agressivo, cuidados especiais devem ser tomados na cura dos revestimentos para que a aderência não seja prejudicada.

CAPÍTULO II

II PROPRIEDADES, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E AS CORRELAÇÕES COM A ADERÊNCIA.

2.1 Os estudos sobre a aderência de argamassas

Para que as argamassas de revestimento cumpram satisfatoriamente as funções descritas no item 1.3, uma série de propriedades devem ser conseguidas e mantidas durante a vida útil da edificação. Entre as mais importantes está a capacidade de aderência à base, concordam MARTINELLI (1989) e CARNEIRO (1993).

"A evolução de metodologias propostas em direção a um controle da produção de argamassas passíveis de ajustes - para efeito preventivo ou de economia - (...) só pode se processar, na medida em que (...) se pesquise sobre a fixação de critérios de desempenho (...) tal como a resistência de aderência", afirma SELMO (1989).

Vários pesquisadores, conscientes da importância desta propriedade, a estudaram, quer no revestimento de painéis, quer na união dos seus componentes, fornecendo subsídios de interesse geral sobre o comportamento da aderência das argamassas de revestimento.

Conforme citações de BOYNTON & GUTSCHICK (1964), Palmer & Parsons (1934) reconheceram a importância da extensão da aderência, quando correlacionaram propriedades da argamassa e da base e, juntamente com Whittmore & Dear (1943) e Thornton (1953), parecem ter sido os primeiros pesquisadores a investigar a aderência em estudos sobre argamassas de assentamento para tijolos cerâmicos.

Os trabalhos sobre a contribuição da cal na aderência das argamassas de assentamento e revestimento ajudam a entender melhor a referida propriedade pois esse material precisa ser de boa qualidade e adequadamente utilizado para desenvolver plenamente as suas propriedades

de aglomerante e plastificante. Como exemplo podemos citar a publicação de MOLINARI (1958).

Outro exemplo é o trabalho de BOYNTON & GUTSCHICK (1964) "Mansory mortar technical notes", onde enfatizam que "uma discussão sobre a aderência das argamassas não seria completa sem uma consideração sobre a durabilidade, a qual recebe influência tanto da resistência de aderência, como da extensão de aderência".

RYDER (1963), do British Building Research Station, à exemplo de Palmer & Parsons, também estudou a influência de propriedades dos componentes de alvenaria e da argamassa na aderência de argamassas de assentamento, assim como Fishburn (1961), Redmond (1962), Ritchie & Davidson (1962), citados por BOYNTON & GUTSCHICK (1964).

Mais recentemente, GALLEGOS (1995), em seu trabalho sobre argamassas de assentamento escreveu que "a aderência entre a argamassa e o componente provêm da penetração de cristais de cimento hidratado (estringita), nos poros das unidades e depende da interação hídrica entre a argamassa e a base, da plasticidade adequada, retentividade, composição da argamassa, granulometria da areia e da qualidade do processo construtivo".

Sobre o fenômeno que desenvolve a aderência, o mesmo autor explica que "entre um material composto de uma matriz de cimento hidratado e um material inerte, as forças de atração química são desprezíveis e as de atração física que provêm das forças elétricas intermoleculares de Van der Waals são as que produzem a adesão. A adesão entre esses materiais seria muito reduzida se dependesse exclusivamente da atração física. Se os materiais inertes são capilarmente porosos e tem superfícies rugosas, além de atrair-se fisicamente, se unem mecanicamente e dependem do conteúdo e estrutura dos poros capilares da unidade".

Na publicação de Valdehitta Rosello (1976), citada por MARTINELLI (1979), a aderência é conceituada como "a capacidade da argamassa de resistir à tensões normais, ou tangenciais à superfície de interface com a base. Dela depende a capacidade da alvenaria de resistir à cargas excêntricas, transversais ou de fiação e a perfeita união de materiais de acabamento ao substrato. Esta propriedade dá-se tanto no estado fresco (adesão inicial), como no endurecido, embora por causas distintas".

Em 1981, JOISEL em sua publicação "Fissuras y grietas en morteros y hormigones", conclui, ao equacionar o espaçamento entre fissuras por tração (ver item 2.3.2), que "a aderência perfeita de um revestimento de argamassa se obtém, igualando ao máximo possível a tensão de tração da argamassa com a tensão de cisalhamento da interface argamassa/base de aplicação".

O CSTB (1982) e o LNEC (1983) publicaram trabalhos, onde definem a aderência como um fenômeno mecânico, devido a penetração da pasta aglomerante nos poros e da argamassa nas rugosidades da base; depende, por isso, da natureza e preparo da base, características da argamassa e das condições atmosféricas locais (CARNEIRO, 1993).

É importante, também, destacar as citações de MURRAY (1983) sobre falhas de aderência, as quais "resultam da combinação de dois principais fatores. O primeiro refere-se ao meio ambiente e condições da base (ambos durante e depois da aplicação da argamassa), isto é, ao movimento do revestimento em relação à sua base causado por mudanças na umidade e/ou temperatura, o qual pode ser suficiente para causar falhas por cisalhamento na interface. O segundo é a escolha da argamassa de revestimento, a qual envolve muitas variáveis, algumas das quais podem ser influenciadas pelo especificador, mas a maioria está sob o controle do aplicador".

No meio técnico nacional, CINCOTTO (1989), SELMO (1989) e CARASEK (1991) concordam com Addleson (1986), os quais explicam que a aderência é um fenômeno basicamente mecânico, devido a ancoragem da argamassa no substrato e resulta na conjugação de três características da interface revestimento/base de aplicação:

- resistência de aderência à tração
- resistência de aderência ao cisalhamento
- extensão de aderência, que se define pela relação entre a área de contato efetivo e a área total da base a ser revestida.

Mais recentemente, FIORITO (1994), em seu livro "Manual de argamassas e revestimentos", descreve o revestimento como uma estrutura sujeita a vários esforços e comenta que "as camadas (substrato, chapisco, argamassa, etc..) estão intimamente ligadas

entre si, existindo maior ou menor grau de aderência, em função dos cuidados dispensados pela mão de obra na preparação de cada camada e na preparação de suas superfícies para receberem as camadas seguintes".

FIORITO (1994) afirma também que "estando as camadas ligadas entre si, a deformação de qualquer uma delas, devida à causas endógenas ou esforços externos, resultará em tensões atuando sobre a aderência de cada camada. Entre as deformações, podem ser citadas:

- A retração da argamassa utilizada no emboço/reboco.
- A deformação lenta do concreto da estrutura, (a dos pilares e vigas sobre os revestimentos verticais e das lajes de forro sobre os revestimentos horizontais).
- Recalque das fundações.
- Deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas.
- Deformações originadas por variações térmicas.
- Outras causas externas como vibrações de máquinas, etc..."

2.2 - Propriedades da argamassa no estado fresco

2.2.1 - Adesão inicial

Adesão inicial da argamassa, no âmbito deste trabalho, é a propriedade que a argamassa fresca de revestimento possui de permanecer adequadamente unida à base de aplicação, após o seu lançamento manual ou mecânico, auxiliada pela sua plasticidade - traduzida pela coesão entre as partículas sólidas - e dificultada pela influência da força da gravidade.

De acordo com CARNEIRO (1993), com base na ASTM C 270 (ASTM, 1989) e Medeiros (1988), adesão inicial é uma das principais propriedades tecnológicas para determinação da trabalhabilidade requerida às argamassas.

Segundo CARASEK & DJANIKIAN (1993), a "adesividade instantânea" foi incluída por Kampf (1961), como uma das propriedades que controlam e avaliam as alterações da trabalhabilidade da argamassa quando a mesma entra em contato com o substrato.

Sobre esta propriedade, SELMO (1989), cita as conclusões de dois pesquisadores, as quais trazem subsídios ao comportamento das argamassas de revestimento:

Em 1976, Rosello explicou que, para as argamassas de assentamento, a adesão inicial se deve, em princípio, às características reológicas ⁽¹⁾ da pasta aglomerante e que a baixa tensão superficial da mesma propicia a adesão física da argamassa ao substrato, sendo função inversa do consumo de aglomerantes.

Em 1986, Addleson considerou que a adesão inicial dos revestimentos argamassados ocorre basicamente por efeito de ancoragem mecânica da pasta e da argamassa nos poros e irregularidades da base e que a parcela devida às forças de atração entre as duas superfícies não é significante. Por isso, continua Addleson, deve-se garantir:

- a) que a argamassa possa molhar a base, o que depende não só da natureza dos dois materiais mas também de fatores externos, como as condições de limpeza da base à revestir.
- b) que a argamassa permaneça úmida durante o espalhamento e execução do revestimento, para permitir melhor extensão de aderência ao longo da interface de contato.

O MR-5 "Initial adhesion of mortars", RILEM (1982), adverte: "se a argamassa não adere imediatamente, quando aplicada a bases absorventes, a aderência subsequente pode não ser satisfatória".

1 - Reologia da pasta aglomerante - É a necessidade de atender a uma determinada trabalhabilidade ou consistência no estado fresco e sua dependência das características e quantidades relativas dos componentes (BUCHER, 1988). É o estudo da deformação e escoamento da matéria (Tanner, 1988), comentado por RAGO & CINCOTTO.

2.2.2 Consistência e Plasticidade

A comissão W3 da RILEM/CIB, que elaborou o documento MR-3 "The complex workability - consistence - plasticity", RILEM (1982), define: *Consistência* é a propriedade da argamassa de ter maior ou menor facilidade de resistir à uma deformação e *plasticidade* é a propriedade que permite a argamassa deformar-se e reter esta deformação após a redução das tensões que lhe foram impostas.

Comentam CARASEK & DJANIKIAN (1993) que consistência e plasticidade são os principais fatores condicionantes da "trabalhabilidade" das argamassas, a qual pode garantir que o revestimento fique adequadamente aderido ao substrato e dar o acabamento superficial conforme prescrito, caso essa propriedade não seja muito alterada pelas características do substrato.

A consistência e a plasticidade podem alterar-se completamente em função da relação água/aglomerante, da relação aglomerante/areia, da granulometria do agregado e da natureza e qualidade do aglomerante.

A consistência é classificada por vários autores, decrescendo conforme seja seca, plástica ou fluida. Segundo SELMO (1989), nas argamassas de consistência plástica á fluida pode se manifestar a exsudação de água, a qual é uma propriedade que também interfere na trabalhabilidade, exigindo misturas frequentes para homogeneização do material e pode interferir na capacidade de adesão da argamassa ao ser lançada contra a base. A avaliação da exsudação pode ser feita pelo método MR-6 da RILEM (1982).

São vários os métodos empregados para a medida da consistência. Conforme o prof. Shimmelwitz, citado no documento MR-3 da RILEM (1982), os métodos que impõem à argamassa uma deformação através de vibração ou choque medem ao mesmo tempo a consistência e a plasticidade como é o caso do "flow table test" ou da "mesa de abatimento ABNT" (NBR 7215).

MURRAY (1983), trabalhando com argamassas de revestimento em tijolos secos e úmidos, concluiu que em bases secas, as misturas mais fluidas (maior medida de consistência) possuem menores valores de aderência que argamassas mais consistentes (plásticas) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Resultados da pesquisa de MURRAY (1983) sobre a influência da consistência inicial da argamassa fresca na resistência de aderência por tração de revestimentos de argamassa.

Proporção da argamassa em volume	Consistência da mistura (mm)	Resistência de aderência à tração em (MPa)			
		Blocos de elevada absorção		Blocos de baixa absorção	
		secos	saturados	secos	saturados
1 : 1 : 6	9,1	1,54	0,32	0,73	0,17
1 : 1 : 6	10,8	1,09	0,26	0,39	0,23

- (1) A consistência foi medida pelo método "Dropping ball" que consiste na medida da profundidade atingida por uma esfera padronizada, ao cair sobre a superfície da argamassa.
- (2) O ensaio de resistência de aderência por tração foi realizado aos 14 dias de idade do revestimento, em corpos de prova com 25 cm².

As conclusões de MURRAY (1983), no entanto, não devem ser usadas como regra absoluta pois BOYNTON & GUTSCHICK (1964), escrevendo sobre argamassas de assentamento e citando autores como Whittmore & Dear 1943, Fischburn 1961, Ritchie & Davidson 1962 e outros, comentaram: "geralmente a resistência de aderência é beneficiada quando a argamassa tem uma certa fluidez, mas aconselha-se a usar apenas a água de amassamento compatível com a trabalhabilidade requerida pelo oficial pedreiro" e, segundo GALLEGOS (1995), "está provado que para conseguir-se a máxima aderência deve buscar-se uma fluidez compatível com a manipulação da argamassa pela colher do pedreiro".

2.2.3 Retenção de água e de consistência

Define-se retenção de água de uma argamassa como a propriedade que a mesma possui de reter mais ou menos água de amassamento ao entrar em contato com uma superfície de maior nível de absorção.

Nas argamassas mistas de cimento e cal, os aglomerantes são os principais responsáveis pela capacidade de retenção de água, devido à elevada área específica dos mesmos, explica SELMO (1989) ao comentar Szilag'y (1977). No entanto as partículas de agregado também são responsáveis por essa propriedade.

A contribuição do agregado na retentividade, segundo GALEMBECK (1985), ocorre em função dos átomos e íons que se acham na superfície de um sólido e que podem sofrer modificações químicas, mesmo quando a substancia do interior do sólido se mantém inalterada.

GALEMBECK (1985) explica que "a superfície do grão rico em sílica contém, originalmente, grupos *siloxano* pouco polares. Por ação da água, eles sofrem hidrólise, gerando grupo *silanol* que por sua vez podem sofrer ionização", causando a polarização da molécula de água.

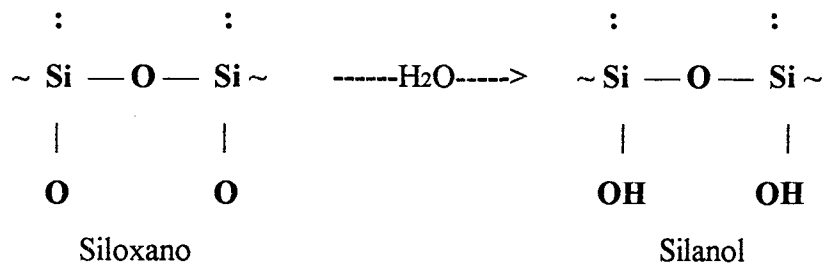


Figura 2.1: Polarização da molécula de água devido a transformação do siloxano em silanol, por hidrólise (GALEMBECK, 1985).

Assim, continua Szilag'y (1977), a polarização causada às molécula de água (H^+ e OH^-) atraem os íons de polaridade inversa. Cada íon da água aderido aos grãos irá, por sua vez, atrair o íon inverso de outra molécula de água ligada a cada íon da superfície dos grãos. A película de água que adere à superfície de uma grão é assim constituída por múltiplas pontes idênticas, cujas moléculas encontram-se menos atraídas ou mais livres, conforme aumenta a sua distancia à superfície do grão.

A RILEM (1982) afirma, genericamente, que as propriedades das argamassas endurecidas dependem, em grande parte, da retenção de água adequada, para que as reações químicas de endurecimento dos aglomerantes se efetuem plenamente durante a cura.

Assim, resume SELMO (1989), a retenção de água das argamassas interfere não só no trabalho de acabamento do revestimento, mas também em suas propriedades no estado endurecido: por questão de espalhamento, contato com a base e retenção de umidade que pode regular a retração de secagem e a resistência mecânica final do revestimento.

Os principais fatores que influem na capacidade de retenção de água das argamassas mistas, segundo SELMO (1989), são:

a) A área específica dos materiais constituintes e o número de íons ativos por unidade de superfície.

b) O repouso prévio das argamassas de cal - segundo conclusões de Gillard & Lee (1970), os resultados do ensaio de retenção de água apresentam menor dispersão para as argamassas de cal deixadas em repouso por 24 horas, em relação às misturas preparadas na hora.

c) A natureza da cal - Cincotto, Marques & Helene (1985) constataram que a retenção de água é a propriedade das argamassas mais afetada pela natureza da cal, sendo melhor para cales dolomíticas do que para cales cálcicas.

d) O valor da relação agregado/aglomerante e cal/cimento no traço - para traço com elevado consumo de aglomerante, a retenção de água é elevada e independente do teor de cal. Já para argamassas com menor consumo de aglomerante, a retenção de água da argamassa melhora com o aumento da relação cal/cimento no traço. Fixando a relação cal/cimento, a retenção de água é função inversa da relação agregado/aglomerante. A cal é bastante recomendada devido a sua elevada superfície específica e a sua alta capacidade adsortiva.

e) A capacidade de absorção da base - Davison (1961) demonstrou que a capacidade de retenção de água das argamassas (de assentamento) varia com a absorção de água capilar da base.

CARNEIRO (1993), ao citar a ASTM C 270 (ASTM, 1989), lembra que o poder de retenção de água pode ser influenciado, também, pelas condições climáticas existentes no momento da aplicação.

A avaliação da capacidade de retenção de água é, em geral, feita em relação à um "padrão de absorção". No caso da NBR 13277/95, mede-se a capacidade de retenção de água das argamassas, colocando as mesmas em contato com um conjunto de oito discos de papel filtro padrão. A norma MR-4 "Water - retention capacity of mortars", RILEM (1982), considera possível, para efeito de nível de absorção, a substituição do papel filtro por tijolos ou blocos, permitindo a comparação de diferentes substratos.

BOYNTON & GUTSCHIK (1964), ao citar os resultados do clássico trabalho de Palmer & Parson (1934), enfatizaram que as argamassas com elevada retenção de água resultam com extensão e resistência de aderência satisfatórias - principalmente em substratos com alta absorção de água capilar.

RYDER (1963) demonstrou, através da aplicação de uma carga concentrada no centro de pequenos painéis de tijolo que, nos painéis feitos com tijolos de alta absorção, a resistência de aderência é proporcional à retenção de água da argamassa. Isto se deve à retenção de consistência que, vinculada à retenção de água e de ar, é a propriedade que confere às argamassas a capacidade de não enrijecer em contato com superfícies absorventes, RILEM (1982), SELMO (1989), CARASECK & DJANIKIAN (1993).

Algumas normas apresentam métodos de ensaio para a avaliação da capacidade de retenção de consistência. Esses métodos consistem em determinar a consistência da argamassa, através de uma dada metodologia, antes e depois da aplicação de um tratamento padronizado da sucção. Então expressa-se o resultado como a percentagem do valor da consistência original. São exemplos: a NBR 9290, que é uma adaptação da norma ASTM C-91 e determina a retenção de consistência empregando o funil de Buchner modificado e a "Consistence retentivity" (BS 4551), empregando o "dropping ball".

2.2.4 Teor de ar incorporado e Massa específica

Segundo CARASEK & DJANIKIAN (1993), a massa específica e o teor de ar fazem parte das propriedades da argamassa fresca que controlam a sua trabalhabilidade.

BOYNTON & GUTSCHICK (1964) mostraram resultados de vários pesquisadores, provando que a resistência de aderência à tração decresce com o aumento do teor de ar.

Tabela 2.2: Resistência de aderência à tração usando argamassas convencionais e com ar incorporado BOYNTON & GUTSCHICK (1964).

Argamassa traço em vol.	Teor de ar	Idade de ensaio	Resistência de aderência média em (MPa)
1 : 1 : 6	3,0 %	28 dias	0,53
1 : 1 : 6	18,5 %	28 dias	0,15
1 : 1 : 6	4,4 %	118 dias	0,64
1 : 1 : 6	23,6 %	118 dias	0,20
1 : 2 : 9	3,1 %	118 dias	0,57
1 : 2 : 9	24,0 %	118 dias	0,15

Obs: O ensaio foi executado em pares de tijolos lisos, (com absorção dentro de uma faixa especificada), rejuntados com argamassa mista de cal e cimento, conforme método da ASTM. Estudo realizado para argamassas de assentamento pela National Lime Association e aqui apresentado em caráter ilustrativo.

Os mesmos autores concluíram que a baixa resistência de aderência de argamassas com teor de ar incorporado elevado pode ser explicada pela grande quantidade de bolhas de ar microscópicas, presentes no plano de aderência, as quais impedem um contato íntimo da argamassa com a base.

A avaliação destas propriedades pode ser feita pelo método gravimétrico da ABNT, NBR 13278, o qual tem origem na BS 4551 e está descrito no item 3.4.1.1-a. Os fatores que influenciam nos resultados deste ensaio são:

a) Repouso da cal - Os resultados, pelo método gravimétrico, se apresentam menos dispersos quando a argamassa de cal é deixada em repouso de 24 h, ao invés de ser preparada na hora do teste. A massa específica das misturas diminui, devido ao maior teor de ar retido, diz SELMO, (1989) ao comentar o trabalho de Gillard & Lee (1970).

b) Teor de aglomerante - O teor de ar diminui e a massa específica aumenta com o teor de aglomerante da argamassa.

c) Teor de agregado - a massa específica diminui com o teor de agregado no traço.

2.3 Propriedades do revestimento endurecido

2.3.1 Resistência mecânica

Em função dos esforços solicitantes a que os revestimentos estarão submetidos durante a sua vida útil, a resistência mecânica dos mesmos está mais relacionada com a capacidade dos recobrimentos de resistir a abrasão superficial, impacto, tração e cisalhamento do que com a capacidade de resistência à compressão. No entanto, por esta última ser de fácil avaliação e estar estatisticamente ligada com as demais propriedades do revestimento endurecido, é a propriedade que melhor representa a resistência mecânica das argamassas.

Conceitua-se resistência mecânica como "a propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento" (SELMO, 1989).

A resistência mecânica é citada por vários autores, entre eles MARTINELLI (1989), como uma das principais propriedades responsáveis pelo êxito das argamassas nas diversas funções do revestimento.

CARNEIRO (1993) reafirma que "os revestimentos devem ser resistentes às diferentes solicitações a que são submetidos, as quais, de acordo com Lejeune (1982)" e FIORITO (1994), são as seguintes:

a) Movimentação volumétrica da base - a variação dimensional por umedecimento e secagem é talvez a mais comum, que ocorre por ação dos agentes exteriores, temperatura e umidade (a natureza da base é determinante nesta solicitação).

b) Deformação da base - devido a deformação lenta do concreto da estrutura e recalques das fundações.

c) Movimentação do revestimento - ligadas às condições climáticas, as variações de temperatura provocam o fenômeno de dilatação e contração do revestimento. Como os suportes são normalmente rígidos, a solitação tende à causar fissuras no revestimento.

d) Retração do revestimento - tensões internas são provocadas pelo movimento de retração em consequência de uma diminuição de volume devida à perda de água para a base e por evaporação e devido às reações de hidratação do cimento. Quando as tensões internas atuantes no revestimento superam a sua resistência à tração, (representada, nas primeiras idades, pela coesão entre os materiais), surge a fissura. A retração pode ocorrer, também, após a secagem do revestimento, pela variação do grau higroscópico do ambiente.

BOYNTON & GUTSCHICK (1964) relatam em sua publicação o estudo feito pela National Concrete Masonry Association, de 1956 à 1962, na universidade de Toledo, em pares de blocos de concreto rejuntados, onde mostra que a resistência de aderência à tração está rigorosamente relacionada à resistência à compressão das argamassas, (ver Fig. 2.2).

A figura 2.2 mostra, também, que a resistência de aderência aumenta com o teor de cimento e decresce com o teor de cal. Comentam os autores que Palmer & Parsons (1934) chegaram a mesma conclusão para tijolos de absorção baixa à moderada. No entanto, para tijolos de elevada absorção, a resistência de aderência de argamassas de cimento puro é mais baixa do que a da argamassa de teor de cal médio à alto.

Fatores que influem na resistência mecânica dos revestimentos e na sua evolução:

a) Consumo de cimento - a resistência mecânica das argamassas (tração, compressão, abrasão e aderência) são melhoradas com o aumento do consumo de cimento. (MARTINELLI, 1993).

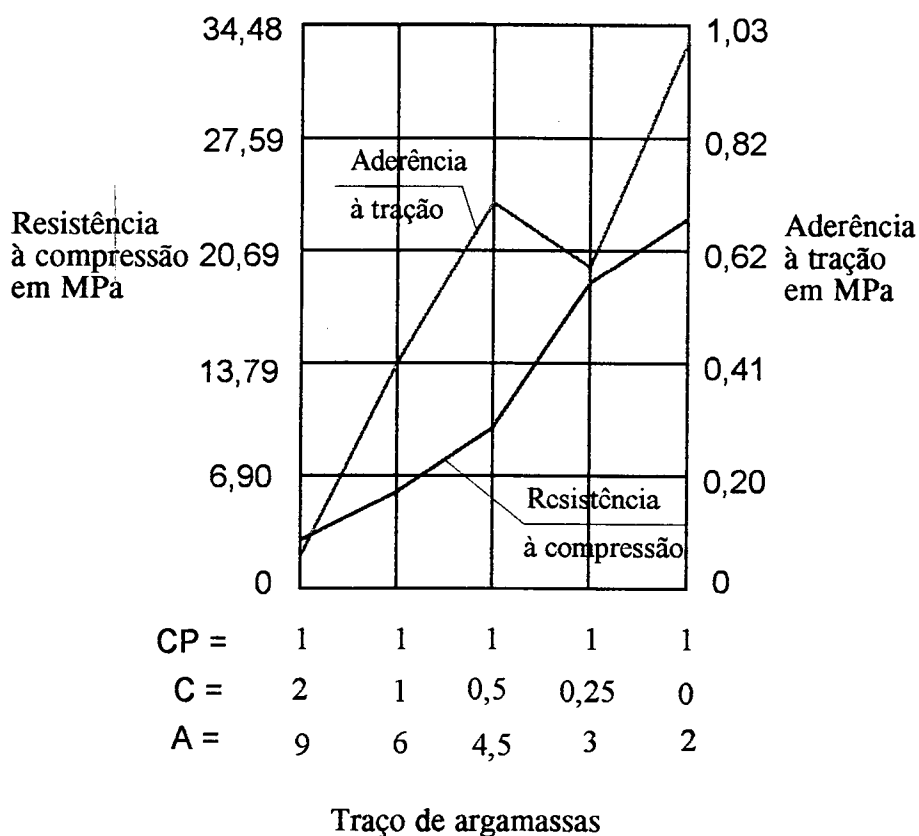


Figura 2.2: Relação entre a resistência de aderência à tração de pares de blocos de concreto e a resistência à compressão de argamassas (National Lime Association Proceedings, 1962) (CP - cimento Portland; C - cal; A - areia).

b) Teor de cal - a resistência mecânica aumenta com pequenos volumes de cal na argamassa e decresce significativamente com teores mais elevados (CINCOTTO, MARQUES & HELENE, 1985). Um teor equilibrado de cal, (0,25 à 1,0), confere ao revestimento, também, um ganho de aderência, pois esse aglomerante aumenta a capacidade dos revestimentos de resistir a deformações.

Há, contudo, que se ter cuidado com a cura desses revestimentos pois a cal tem um endurecimento lento em presença do gás carbônico contido no ar. Só após 30 dias de idade, ocorre a recarbonatação superficial completa do hidróxido de cálcio (GUIMARÃES, CINCOTTO & NÓBREGA, 1985).

c) Incorporação de ar - esta propriedade diminui a massa volumétrica aparente, (MVA) da argamassa, tendo por conseqüência menor resistência mecânica (MATINELLI, 1993) e (CSTB, 1990).

d) Relação água/cimento - É um fator determinante de resistência mecânica. No entanto deve ser interpretado com reserva quando se trata de revestimentos. Nas argamassas ricas em aglomerante, maiores valores de aderência poderão ser conseguidos com um aumento de plasticidade (maior teor de água). Em revestimentos com argamassa pobre, só um ponto ótimo no fator água/cimento poderá incrementar a resistência mecânica sem prejuízo da trabalhabilidade, resultando na otimização da aderência.

No Brasil a avaliação da resistência mecânica é feita através de ensaios em corpos-de-prova cilíndricos regulamentados pela NBR 13279, resistência à compressão axial e pela NBR 7222, resistência à tração por compressão diametral, sendo que este último requer um equipamento de compressão adaptado para rompimento de corpos-de-prova cilíndricos na direção da menor dimensão e sobre talas de madeira diametralmente opostas.

Os ensaios de aderência à tração e ao cisalhamento avaliam, de certa maneira, a resistência mecânica à tração pois quando o revestimento rompe na interface, a resistência à tração da argamassa é, no mínimo, da ordem da resistência de aderência.

2.3.2 Capacidade de absorver deformações

É a propriedade das argamassas endurecidas de acompanhar a deformação gerada por esforços internos ou externos de diversas origens e, de retornar à dimensão original quando cessam esses esforços sem se romperem, ou através do surgimento de fissuras microscópicas que não comprometam o desempenho do revestimento no que diz respeito à aderência, estanqueidade e durabilidade. "Para tanto as argamassas devem apresentar módulo de deformação compatível com as funções a que se destinam" (MEDEIROS, 1994).

No Brasil, não há normas específicas para avaliação da capacidade de deformação dos revestimentos endurecidos. Neste trabalho de pesquisa, foi utilizado uma metodologia análoga à NBR 8522 "Concreto - determinação do módulo de deformação estática", a qual submete corpos-de-prova moldados de argamassa à compressão axial simples. O ensaio está descrito no item 3.4.1.2 - c.

O módulo de deformação à compressão é tomado como parâmetro de avaliação dessa propriedade visto que por esforços de compressão estes materiais fissuram-se visivelmente, enquanto que à tração apresentam ruptura abrupta. Assim, JOISEL (1981) considera que "o módulo de deformação à tração seja superior ao de compressão".

Segundo JOISEL (1981), SELMO (1989) e FIORITO (1994), a capacidade de deformação e a aderência são propriedades que possuem uma estreita relação.

Esforços solicitantes - A deformação pode ser causada pela retração de secagem, retração ou dilatação térmica do revestimento ou ainda ser imposta por forças externas as quais provocam tensões de tração, compressão e cisalhamento na argamassa endurecida.

Capacidade de deformação à tração causada pela retração das argamassas e a relação com a aderência do revestimento - Após a aplicação da argamassa, a nata e a água de amassamento iniciam um processo de movimentação para o interior dos poros da base e, por evaporação, para o meio ambiente em função das condições climáticas. O endurecimento das argamassas é acompanhado por uma diminuição de volume, quer devido à perda de água (*retração de secagem*), quer devido às reações de hidratação do aglomerante.

"A perda de umidade desencadeia um movimento de retração gerando tensões internas de tração. O revestimento pode ou não ter a capacidade de resistir a essas deformações, o que regula o grau de fissuração nas primeiras idades" (SELMO, 1989).

"Mesmo após a secagem e com mais de quatro meses de idade, notamos variações dimensionais em função do grau higrométrico do ambiente (*retração higrométrica*). Uma seqüência de variações térmicas, para mais e para menos, pode romper gradativamente, por fadiga, a ligação revestimento/substrato" (*retração térmica*) (FIORITO, 1994).

Conforme explica JOISEL (1981), quando a tensão de tração, provocada por retração de secagem, térmica ou algum esforço de natureza externa atinge o limite de resistência à tração da argamassa, a mesma se rompe dando origem a fissuras cujo distanciamento depende do módulo de deformação à tração, da deformação específica da argamassa, da resistência ao cisalhamento na interface e da espessura do revestimento.

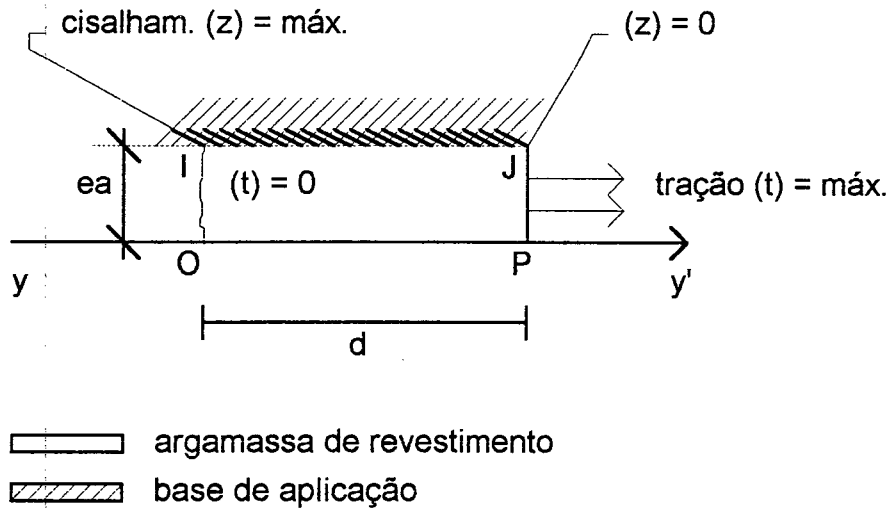


Figura 2.3: Princípio teórico de Joisel para equacionar o espaçamento entre fissuras por tração de um revestimento de argamassa JOISEL (1981).

Na seção [OI], (Fig. 2.3), forma-se uma fissura e tendo a mesma evoluído até alcançar o substrato, a tensão de tração $(t) = \sigma_a$ é zero. A partir de uma distância "d" da seção [OI] a tensão teórica média de tração atingirá o limite de resistência à tração da argamassa σ_a máx. e uma nova fissura irá formar-se, sendo o equilíbrio de forças na região [OIPJ], entre as duas fissuras, estabelecido pela tensão de cisalhamento na interface $(z) = \tau_a$ que varia aproximadamente de forma linear desde [OI], onde é máxima, até [PJ] onde é nula. Seu valor médio é pois $\tau_a / 2$ e o equilíbrio das forças paralelas ao eixo yy' é dado pela equação (2.3.2-a), considerando um comprimento unitário de revestimento:

$$\sigma_a \cdot ea = \tau_a / 2 \cdot d, \quad (2.3.2-a)$$

Sendo $d = 2 (\sigma_a / \tau_a) \cdot ea \quad (2.3.2-b)$

Complementa JOISEL (1981), "a tensão de aderência é a tensão de ruptura por cisalhamento (τ_a), ao longo da superfície limite IJ, a qual é sempre inferior à tensão de ruptura por tração do revestimento".

Analisando a equação (2.3.2-b), SELMO (1989) comenta que "se a resistência ao cisalhamento é baixa, aumenta o espaçamento entre as fissuras, com riscos de descolamento do revestimento. Assim sendo, deve-se procurar igualar a resistência de aderência por cisalhamento do revestimento à resistência de tração da argamassa, diminuindo desta forma o espaçamento entre fissuras e garantindo a aderência do revestimento".

Com base, ainda, na teoria explicada pela equação (2.3.2-b), JOISEL (1981) estabelece níveis de aderência dos revestimentos, os quais constam da Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Níveis de aderência dos revestimentos, conforme a relação entre a resistência à tração da argamassa e a resistência ao cisalhamento na interface do revestimento (JOISEL, 1981).

Aderência	σ_a/τ_a
Perfeita	$\cong 1$
Média	$\cong 3$
Fraca	$\cong 6$

Quando há vínculo com uma camada suporte, as tensões de tração na argamassa, originadas pela sua própria retração, conduziram FIORITO (1994) às seguintes conclusões:

Nas argamassas ricas, ou muito ricas, por terem elevado módulo de elasticidade, deformam-se menos e as tensões de tração permanecem elevadas. Portanto, nessas argamassas há notável influência da retração e, conseqüentemente, essas argamassas estarão mais sujeitas a tensões de tração que causarão trincas e possíveis descolamentos de sua camada suporte, à medida que sua espessura cresce.

Enquanto que, para as argamassas mais elásticas (menor módulo de elasticidade), as tensões de tração são baixas e praticamente constantes, qualquer que seja a espessura da camada de argamassa.

Para avaliação tecnológica da capacidade potencial de retração das argamassas pode-se adotar o método MR-12, da RILEM (1982), "Determination of changes in length of mortar specimens" feito em barras, em condições de livre movimentação. A normalização nacional apresenta a NBR 8490 "Argamassas endurecidas para alvenaria estrutural - Retração por secagem", que prescreve um método comparativo para escolha de argamassas.

Para avaliação dos movimentos diferenciados entre o revestimento e a base, MURRAY (1983) sugere um método de simulação, desenvolvido por Ryder em 1957 no seu trabalho "Methods for testing the adhesion of plaster to concrete". Neste ensaio a tensão de cisalhamento na interface argamassa/substrato é gerada por compressão do substrato, constituído de um pequeno painel de alvenaria, concreto ou de outro material que se queira analisar.

Durante o teste são medidas as deformações da base e do revestimento, registrando-se os acréscimos de deformação conforme a carga, eventuais fissuras e a carga de descolamento do revestimento.

Capacidade de deformação à tração causada por ação de cargas externas - Entende-se que, neste caso, as rupturas também ocorram preferencialmente por tração, como é o caso do cisalhamento simples ilustrado pela (Fig.2.4).

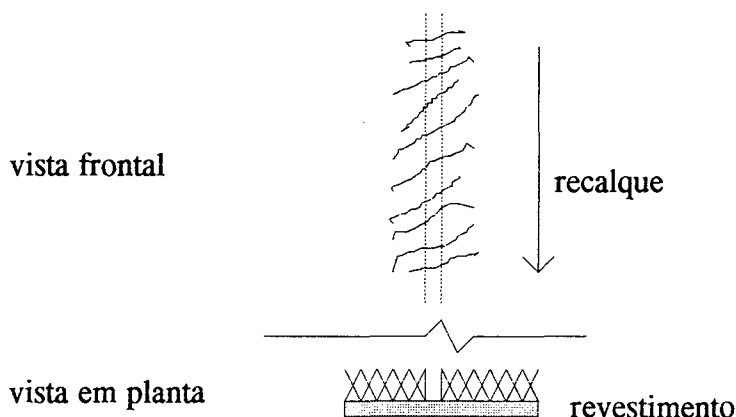


Figura 2.4: Fissuras por esforços de tração decorrentes do cisalhamento de um revestimento aplicado sobre uma junta, por recalque da base, à direita desta (JOISEL, 1981).

Capacidade de deformação à compressão - "A capacidade de deformação dos revestimentos de cimento Portland e cal por esforços de compressão é bem mais elevada, já que as tensões geram fissuras paralelas à solitação e o limite de resistência à compressão das argamassas é superior ao de resistência à tração", diz SELMO (1989).

"O limite de resistência à tração é cerca de 10% do limite de resistência à compressão". "A dilatação térmica dos revestimentos, por exemplo, gerando tensões internas de compressão, não é nociva a temperaturas ordinárias", afirma (JOISEL, 1981).

Fatores que influem no módulo de deformação das argamassas endurecidas:

a) Fator água/cimento e resistência mecânica - MARTINELLI (1989), ao comentar dados do convênio BNH/CEF/EPUSP/PCC, diz que o módulo de deformação decresce com aumento do fator água/cimento da argamassa e aumenta com a resistência mecânica (argamassas mais rígidas).

b) Teor de agregado - O módulo de deformação diminui com o aumento do teor de agregado na argamassa, mas a partir de certo teor o módulo volta a crescer, como resultado da maior rigidez da estrutura da argamassa, que contém mais agregado por m³, (MARTINELLI, 1989).

c) Consumo de cimento - Argamassas com elevado consumo de cimento, apresentam pouca capacidade de se deformarem, prejudicando o desempenho dos revestimentos (SABATINI, 1990).

d) Teor de cal - O módulo de deformação longitudinal decresce forte e continuamente, à medida que aumenta o volume de cal nas argamassas (CINCOTTO, MARQUES & HELENE, 1985).

2.4 Características e propriedades do substrato

2.4.1 Sucção e absorção de água capilar

Sucção ou "absorção inicial", segundo MURRAY (1983), "é o termo usado para descrever a habilidade, do substrato, para absorver água". É medida pela quantidade de água absorvida por uma determinada área, quando sua face é submergida em 3 mm de coluna d'água durante um minuto, mas alerta o autor: "a absorção significativa da água da argamassa se estende além deste tempo". Para períodos superiores a um minuto, o autor definiu como "Absorção a longo prazo".

A taxa de absorção inicial ou "sucção" é um parâmetro útil para avaliar o efeito imediato nas características da interface argamassa /base de revestimento, ou seja, na plasticidade da camada de contato e na adesão inicial. A absorção a longo prazo tem grande importância para os revestimentos argamassados, no que diz respeito à trabalhabilidade da argamassa no lançamento, desempenamento e acabamento final do revestimento, após vários minutos.

Taxa de absorção de água capilar é a quantidade de água absorvida, (quando em contato superficial, sem pressão hidrostática significativa), por unidade de área de superfície do material, em função do tempo ou da raiz quadrada deste.

Szilag'yi (1977), citado por SELMO (1989), diz que a capacidade de absorção de água capilar de um material depende de dois parâmetros: porosidade, que determina a quantidade total de água que pode ser absorvida e força capilar, que depende da natureza e dimensões dos poros e determina a velocidade de absorção de água.

Sobre a interação existente entre o revestimento e a sua base, no que diz respeito à aderência e a absorção de água capilar, GALLEGOS (1995) lembra que "o processo pelo qual se consegue a união mecânica entre a argamassa e a base de aplicação é simplesmente como segue: 1) tão logo a argamassa entra em contato com a base, dependendo da estrutura dos poros da mesma, basta entre uns minutos e algumas horas para que a base absorva água da argamassa; 2) a água transporta materiais cimentícios; 3) estes são introduzidos, pelo

processo de fluxo da água, nos poros capilares do substrato e 4) ao hidratar e cristalizar os materiais cimentícios nos poros da base, se cria o engaste mecânico entre esta e a argamassa".

Assim, segundo Addleson (1986), citado por SELMO (1989), deve-se garantir que a argamassa tenha a capacidade de molhar a base, o que depende da natureza intrínseca dos dois materiais.

A influência da sucção sobre a aderência é assim explicada por Anderegg (1943), em seu trabalho com argamassas de assentamento, comentado por MARTINELLI (1989): "Se uma argamassa com baixa capacidade de retenção de água é assentada com blocos de alta sucção, a argamassa entrará imediatamente em um estado de rigidez dada a perda de água. Assim a argamassa perde a plasticidade desejada. Este processo também deixa a argamassa mais porosa, na camada de contato, prejudicando a aderência e a estanqueidade".

As conclusões do Structural Clay Products Institute, citadas por BOYNTON & GUTSCHICK (1964), mostraram, também, o importante relacionamento existente entre absorção inicial dos tijolos, retenção de água e a resistência de aderência:

"A argamassa adere melhor ao tijolo cuja sucção varia de 5g à 20g (em gramas de água absorvida pelo tijolo, em 1 minuto, imerso em 1/8 polegadas de coluna d'água), no momento do assentamento. Se a absorção inicial excede a 60g, a aderência deve ser extremamente fraca. Para tijolos de baixa sucção (menos do que 5g), a argamassa deverá ter um teor de água baixo e retenção de água moderada".

Para avaliação da absorção inicial de componentes de concreto, pode-se utilizar o método da ASTM C 67/86 "Initial rate absorption - IRA", conforme descrito no item 3.4.2 - a.1

Cabe aqui apresentar os resultados da pesquisa de MURRAY (1983), que demonstram o marcante efeito da absorção de água capilar da base, em particular da absorção a longo prazo, e da umidade sobre a aderência dos revestimentos.

Tabela 2.4: Valores da pesquisa de MURRAY (1983) sobre a influência da absorção de água capilar de blocos cerâmicos na resistência de aderência por tração de revestimentos de argamassa. (cp = cimento; c = cal; a = areia).

Proporção da argamassa em volume (cp:c:a)	Resistência média de aderência à tração do revestimento (MPa) ⁽²⁾							
	Em blocos de elevada absorção ⁽¹⁾				Em blocos de baixa absorção ⁽¹⁾			
	1,23 ⁽¹⁾	1,07	1,23	1,07	0,56	0,46	0,56	0,46
	Secos		Saturados ⁽³⁾		Secos		Saturados	
1 : 0,5 : 4,5	1,77	1,84	0,30	-	0,75	0,85	0,17	0,31
1 : 0 : 3	1,58	1,26	0,32	0,38	0,92	0,57	0,04	0,21
1 : 1 : 6	1,54	1,51	0,32	0,14	0,81	0,73	0,05	0,17

1) A medida da absorção de água capilar foi realizada por uma "extensão formal" do método proposto por GUMMERSON, HALL & HOFF (1980), consistindo da imersão do bloco em 5 mm de coluna d'água e registrando-se o aumento de massa entre 4 min. e 2,40 h. O resultado é expresso pela declividade da reta "volume de água absorvida / unidade de área x raiz quadrada do tempo (mm/min^{1/2})";

2) O ensaio de resistência de aderência por tração foi realizado a 14 dias de idade do revestimento em corpos-de-prova com 25 cm²;

3) Os blocos foram saturados por imersão em água durante 24 h.

Com base nos resultados da Tabela 2.4, MURRAY (1981), concluiu que: - "Onde a absorção é elevada, a aderência do revestimento é melhor. Para tijolos secos o valor de aderência é bom. No entanto para tijolos muito úmidos a saturados, não importa o tipo, a aderência do revestimento será pobre. Há maior acréscimo nos valores de aderência quando ocorre variação de umidade nos tijolos de alta absorção do que variações de umidade em tijolos de baixa absorção".

"Baixa absorção dos tijolos, certamente aqueles com taxa abaixo de 0,5 mm/min^{1/2}, produzem baixos valores de aderência" complementa MURRAY (1981).

2.4.2 - Natureza da base

Considerando que a aderência da argamassa de revestimento é dependente dos cuidados de preparação da base, julga-se necessário conhecer suas características, a fim de se determinar, a nível de projeto, qual procedimento de preparação deve ser adotado, (CARNEIRO, 1993).

Propriedades e características, ligadas a aderência, que dependem da natureza da base:

a) Resistência mecânica: As bases devem ter maior resistência mecânica que os revestimentos pois são os suportes destes (SELMO, 1989).

b) Capacidade de deformação: A capacidade de deformação volumétrica da base, por ação higroscópica ou térmica, deve ser investigada, para que se possa projetar um revestimento de deformação compatível e evitar que a movimentação diferencial dos materiais enfraqueça a aderência.

As alvenarias de blocos cerâmicos, por exemplo, apresentam movimentações de caráter irreversível devido ao processo produtivo e a origem do material de fabricação dos componentes. As alvenarias de bloco de concreto, por sua vez, apresentam movimentações reversíveis por retração na secagem, críticas especialmente nas primeiras idades após o assentamento. Quando cíclicas e restringidas, estas movimentações podem provocar o aparecimento de fissuras na própria alvenaria que quase sempre apresenta-se também no revestimento, (MEDEIROS & SABBATINI, 1994).

c) Absorção de água capilar: Para GALLEGOS (1995) a sucção, o conteúdo de poros capilares, a estrutura dos mesmos (forma, textura interna e espectro dos poros) e a rugosidade da base, são geralmente as características que definem o potencial de aderência da base com a argamassa.

A sucção, medida conforme descrito no item 2.4.1, varia consideravelmente. Em unidades de argila seca o intervalo vai desde 10 até 160 g. Em componentes de concreto e sílico-calcários o intervalo é menor e fica entre 20 e 50 g.

Relação existente entre porosidade e absorção de água livre: GALLEGOS (1995) diz que a porosidade total não é um bom indicador do potencial absorvente dos substratos pois:

- A sucção não está associada a estrutura dos poros e sim ao conteúdo de poros capilares do substrato.

- A sucção é medida geralmente em relação á agua livre e não em relação a água contida nos poros da argamassa.

- O ensaio de sucção para ao terminar o primeiro minuto de contato, enquanto que o componente segue absorvendo água durante muito mais tempo, (a força capilar é inversamente proporcional ao raio médio dos poros, ou seja, as bases de poros mais finos ficam ativas mais tempo).

Estruturas de poros dos componentes: Os poros das unidades variam em forma e textura interna. Os poros das unidades sinterizadas assemelham-se a condutos cilíndricos de textura suave. Os poros das unidades de matriz cimentícia se assemelham mais a uma sucessão de esferas secantes e são de textura rugosa.

O espectro - distribuição por raios de poros capilares - para os principais tipos de bases, deduzido de medições efetuadas por diversos investigadores, está contido na tabela 2.5.

Tabela 2.5: Espectro de poros capilares de unidades representativas (% do total de poros) (GALLEGOS, 1995).

Raio de poros (µm)	Material		
	Sílico-cal/concreto Sucção: 20-50g	Argila compacta Sucção: 30-40g	Argila porosa Sucção: 50-100g
< 0,01	10	0	0
0,01 - 0,1	40	10	0
0,1 - 1	40	40	10
1 - 5	10	40	60
5 - 10	0	10	30

Conteúdo de poros capilares: Groot (1993), citado por GALLEGOS (1995), determinou que o volume de poros capilares varia entre 10% do volume da unidade para componentes muito compactos de argila extrudada e 30% para unidades de argila porosa (esponjosa).

Ao medir o volume dos condutos, o porosímetro de mercúrio inclui os poros capilares de raio inferior à 0,01 µm. Estes, apesar de criarem elevadas forças de absorção e aumentarem por isso o comportamento absorvente das unidades, não podem ser considerados poros capilarmente ativos, por que absorvem quantidades insignificantes de água.

Analisando os dados contidos na tabela 2.5, observa-se que o conteúdo de poros capilares de raios grandes nas unidades de argila, sobretudo na unidades porosas, é maior que nas unidades de concreto e sílico-calcárias. Isto indica que a sucção nas unidades de argila será maior que nas demais unidades.

Sucção da base em presença da argamassa: Sobre a interação substrato/argamassa, GALLEGOS (1995), explica que a sucção não deve ser medida somente com relação a água livre contida na argamassa.

O cenário é mais complexo, ou seja, a argamassa é um meio poroso, saturado inicialmente e conforme avança a absorção, torna-se gradualmente mais seco. Como consequência o processo de absorção depende efetivamente do movimento da água “restringida”. Assim a interação entre os dois sistemas de poros - da base e da argamassa - é o que determina as características do fluxo de água.

O tempo de absorção neste cenário já não depende do diâmetro dos poros da unidade, ele dependerá do conteúdo de água da argamassa e além disso, do grau de colmatação dos poros da argamassa, sobretudo nos arredores da interface com a base.

Na interação base/argamassa, os poros de maior raio, sobretudo os maiores do que 5 μm , abundantes nas unidades de argila de sucção elevada, não são operativos, isto é, não possuem força suficiente para vencer a força dos poros da argamassa (raio máximo = 5 μm). Em resumo, a sucção não representa com fidelidade o comportamento absorvente da base frente à argamassa, pois depende da estrutura dos poros.

d) Homogeneidade da superfície: Quando existirem superfícies diferenciadas, por exemplo: concreto e alvenaria - juntas de trabalho ou reforços especiais, (telas metálicas), devem ser previstas para evitar a ocorrência de fissuras e falhas de aderência na zona de transição (MEDEIROS & SABBATINI, 1994).

e) Textura superficial: Obviamente a aspereza da superfície da base tem participação na resistência de aderência, sendo menor em superfícies lisas que em superfícies rugosas.

Portanto para promover a aderência mecânica do revestimento à base, pode-se tratá-la com chapisco, escarificação (em concreto, expondo-se o agregado graúdo; em alvenaria, raspando-se as juntas) ou ainda aplicando-se tela metálica.

Com base nas instruções da BS 5262 (BSI, 1976) descreve-se as características e os cuidados na preparação das bases em estudo no presente trabalho:

a) Base de material denso, resistente e uniforme: Inclui concreto denso e impermeável, podendo ser pré-fabricado ou produzido "In loco"; este material possui baixa porosidade, pequeno poder de sucção e conseqüentemente pobre aderência, sendo necessário o tratamento da superfície com chapisco.

b) Base de material poroso e de resistência moderada: Inclui os blocos de concreto pré-moldados; esta base usualmente oferece algum poder de sucção e aderência satisfatória; se o poder de sucção da base for irregular, o tratamento com chapisco é recomendado para evitar uma aderência irregular do revestimento à base.

"Um estudo importante sobre a relação da aderência com a superfície física do tijolo, foi feito por J. C. Thornton, 1953 "Relation between bond surface physics of masonry units", no qual ele deu grande importância não somente a aspereza, mas a ação capilar das unidades e a trabalhabilidade, a qual permite que a argamassa possa fluir, imediatamente, em todas as depressões, para produzir um contato íntimo, (BOYNTON & GUTSCHICK, 1964).

2.5 Métodos de ensaio e valores limites de aderência dos revestimentos normalizados no exterior e em estudo para normalização nacional.

A avaliação da aderência dos revestimentos é feita através de ensaios de arrancamento, por tração ou por cisalhamento, dependendo da direção de sollicitação, em corpos-de-prova cortados perpendicularmente à superfície do revestimento.

Testes de resistência à tração: Existem diversas normas internacionais, de consulta pública, que prescrevem um método para esse ensaio. No Brasil, encontra-se em estudo, pela CE 02:102.17 (Comissão de estudos de argamassas de assentamento e revestimento) do CB 02 (Comitê brasileiro de construção civil), para normalização nacional, o P.N. 02:102.17-003 "Revestimento de argamassas inorgânicas de paredes e tetos - Determinação da resistência de aderência à tração".

Pode-se, ainda, indicar o ME-10 (IPT, 1981) "Resistência de aderência" e o MR-21 (RILEM, 1982) "Determination of the bond strength between bricks or blocks and mortar - (direct pull-test)".

A Figura 2.5 apresenta os esquemas básicos do ensaio de resistência à tração de revestimentos, prescritos pelas normas citadas.

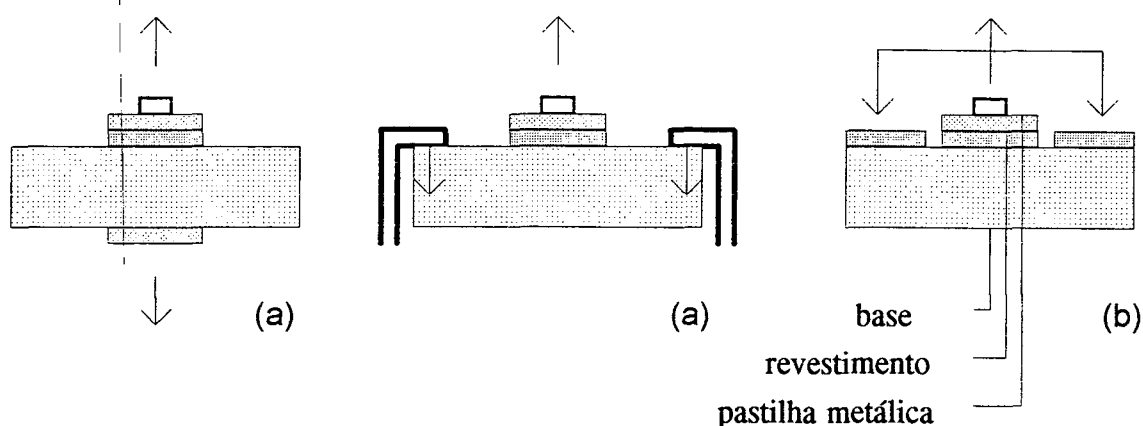


Figura 2.5: Esquemas básicos de ensaio para avaliação da resistência de aderência por tração de revestimentos de acordo as normas:

- (a) MR-21 (RILEM, 1982);
- (b) ME-10 (IPT, 1981);
P.N. 02:102.17-003 (ABNT, 1995).

Na Tabela 2.6, é apresentado uma síntese comparativa entre as características dos métodos utilizados no Brasil e em outros países. Os procedimentos de ensaio das diversas normas citadas nessa tabela, são convergentes em algumas características e divergentes ou pouco específicos em outras, mas na essência são iguais.

Tabela 2.6: Principais características de diferentes métodos de ensaio preconizados por diversas normas, para avaliação da resistência de aderência de revestimentos à tração. (SELMO & CARASEK, 1991)

Normas/ Caracterist	NBN 813-05 IBN, 1969	DIN 18555 part 6, 1987	MR - 21 RILEM, 1982	Cahier 2669-4 CSTB, 1993	PN2:02.17-003 ABNT, 1989
Condições de cura		28 dias T=20 ± 2 °C UR= 60± 5%	≥ 28 dias T=20 ± 1 °C UR=60 ± 5%	28 dias T=20 ± 2 °C UR=60 ± 5%	
Nº CPs	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 6
Seção e formato cp	circular 20 a 25 cm ²	circular φ = 50mm	circular ou quadrada	circular φ = 50mm	circular φ = 50mm quad. l=10cm
Distância entre cps				≥ 5 cm dos bordos	≥ 5 cm
Tipo de corte	arg. fresca /endurec.	arg. fresca /endurec.		Argamassa endurecida	Argamassa endurecida
Espessura da patilha		≥ 20 mm			
Tipo de cola	epóxi ou similar	epóxi-metil metacrilato	epóxi ou similar		epóxi ou similar
Substrato padrão	concreto 50x50x10cm			concreto 30x30x4 cm	
Velocid. de ensaio	Cont. e unif. 0,1 MPa/s	10 à 80 seg. taxas difer.	0,01 Mpa/s ≥ 1 à 2 min.		10 à 80 seg. taxas difer.
Apres. dos resultados	val. individ. em bar	val. individ. em N/mm ²	val. individ. em N/mm ²	val. individ. da carga	val. indiv. em MPa

Testes de resistência ao cisalhamento: Para avaliação da resistência ao cisalhamento da interface "revestimento/base de aplicação", a RILEM (1982), recomenda os seguintes ensaios:

MR-20 "Determination of the bond strength of renderings by torsion tests", o qual avalia a resistência ao cisalhamento da aderência entre o revestimento e o substrato, através da aplicação de torque em corpo-de-prova de área circular, conforme esquema representado na Figura 2.6.

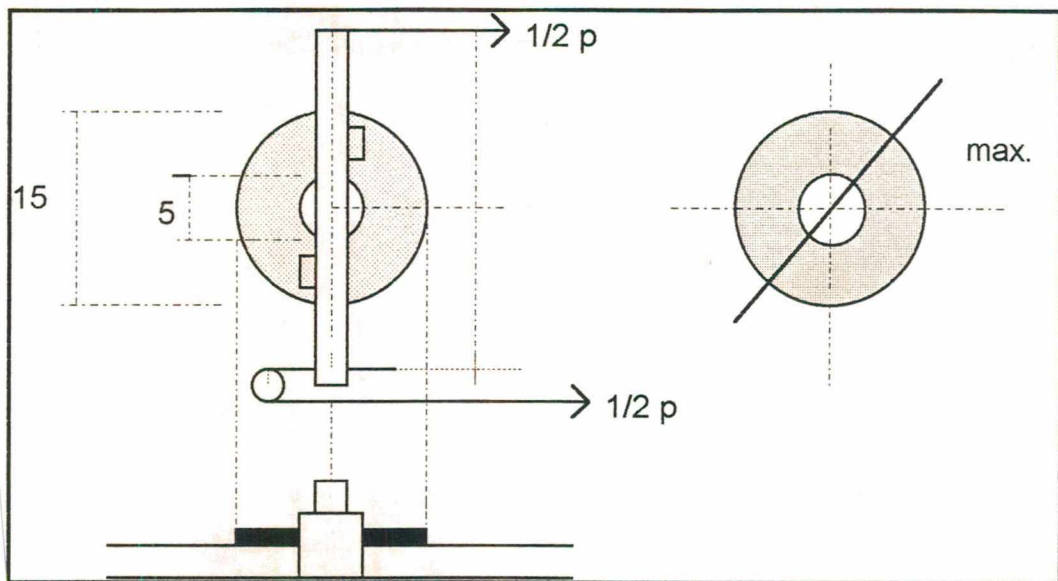


Figura 2.6: Esquema do ensaio de arrancamento por cisalhamento para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por torção normalizado pela RILEM (1982), MR-20.

MR-14 "Determination of the bond of renderings by shear tests" o qual avalia a resistência de aderência ao cisalhamento, através de compressão aplicada, axialmente, em 2 componentes com as faces opostas revestidas e na direção normal aos revestimentos, conforme Figura 2.7.

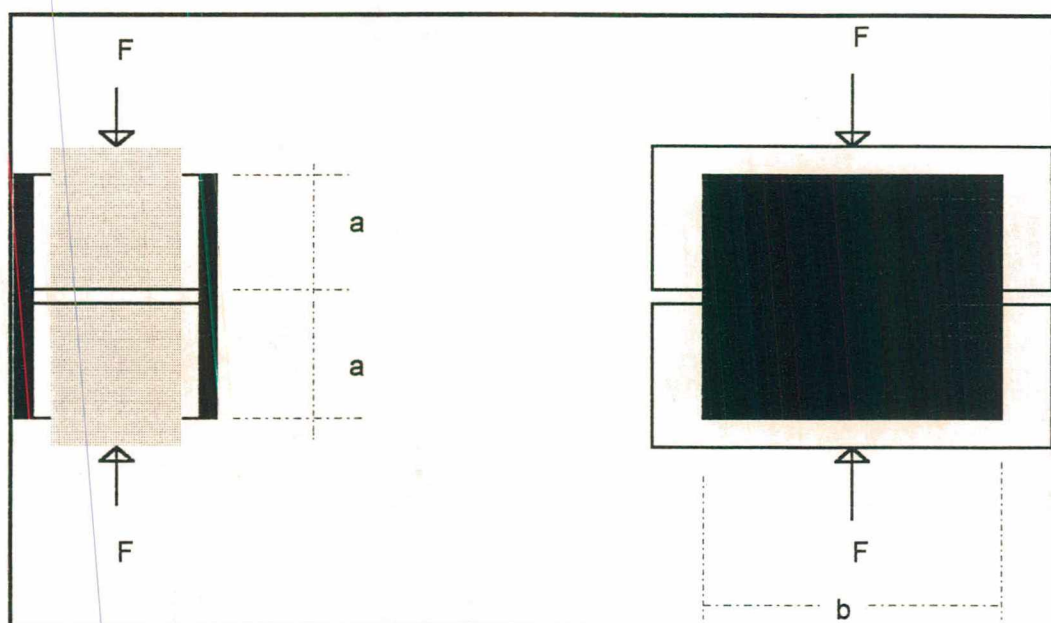


Figura 2.7: Esquema do ensaio de arrancamento para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por compressão proposto pela RILEM (1982), MR-14.

Valores limites de aderência especificados por normas de outros países e em estudo para normalização nacional:

Quanto às exigências de aderência do revestimento ao substrato, SELMO & CARASEK (1991), citam o limite prescrito pelo DTU 26.1 (CSTB, 1978), onde o valor médio de aderência deve ser no mínimo igual a 0,3 MPa. A verificação deve ser feita a cada 50 m² de superfície, ensaiando pelo menos três corpos-de-prova, sendo que nenhum dos valores deve ser inferior a 0,2 MPa.

O projeto de norma 02:102.17-001 (ABNT) "Revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas", estabelece limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única cujos valores estão contidos na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Valores limites de resistência de aderência sugeridos pelo P.N. 02:102.17-001 (ABNT).

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base de reboco	≥ 0,15
		Cerâmica e laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base de reboco	≥ 0,25
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

Obs: Não são especificados critérios de resistência de aderência à tração de rebocos, pois seu desempenho pode não estar, necessariamente, associado a essa característica.

CAPÍTULO III

III - ESTUDO EXPERIMENTAL DA ADERÊNCIA DE ARGAMASSAS MISTAS DE CIMENTO-CAL EM SUBSTRATOS DE CONCRETO.

3.1 - Objetivos do trabalho

Em qualquer parte do Brasil pode ser encontrado sinais claros de manifestações patológicas que comprometem o desempenho dos edifícios. Um destes problemas mais comuns diz respeito aos revestimentos argamassados utilizados tradicionalmente em alvenarias de blocos e bases de concreto obtidos com a utilização, cada vez maior, de formas metálicas (indústria de pré-moldados) e de formas de compensado plastificado (componentes de concreto moldados "in loco").

É comum, nos canteiros de obra, as preocupações com o comportamento do material a ser empregado. Porém esta preocupação se limita ao custo e ao estado inicial apresentado pelo material, ou seja, seu comportamento durante e logo após a aplicação. Despreza-se completamente o "como" se comportará o material ao longo da vida útil da edificação e todas as funções dele exigidas ao longo do tempo. A capacidade de um material ou subsistema de manter-se dentro de requisitos e critérios pré-estabelecidos de desempenho ao longo do tempo denomina-se Durabilidade, (FLAUZINO).

Com esse objetivo, propõe-se correlacionar a aderência com algumas propriedades da argamassa no estado fresco, da argamassa endurecida e do substrato, variando o traço da argamassa mista, o tipo de substrato de concreto e o preparo da base.

Para avaliar e quantificar a aderência de revestimentos argamassados pode-se empregar ensaios de tração ou ensaios de cisalhamento; no Brasil, à exemplo de outros países, os laboratórios e institutos de pesquisa utilizam mais o primeiro, variando alguns aspectos como: dimensão, número e preparo de corpos-de-prova, tipo de equipamento e critérios de amostragem.

O presente trabalho propõe um método alternativo para determinação da resistência mecânica de aderência ao cisalhamento e correlaciona os valores obtidos com os resultados do ensaio de arrancamento. Outro aspecto da presente dissertação é avaliar a contribuição dos aditivos, de base organo-sintética, na resistência de aderência.

Para as argamassas frescas foram feitos ensaios de consistência, retenção de água, retenção de consistência, massa específica e teor de ar incorporado. Os corpos de prova de argamassa endurecida foram caracterizados quanto à resistência à compressão axial, resistência à tração, módulo de deformação estática, absorção de água total, massa específica e índice de vazios (Fig. 3.1).

Nos corpos-de-prova do revestimento foram executados ensaios de aderência por arrancamento à tração e ao cisalhamento. Os substratos foram caracterizados e avaliados quanto à resistência à compressão, absorção e umidade, capacidade de absorção inicial, massa específica, porosidade e adesão inicial (Fig 3.1).

3.2 Descrição dos materiais, traços e bases de revestimento utilizados na pesquisa:

Para confecção das argamassas de revestimento tipo "A", "A1" e "B", adotou-se o cimento Portland CP-1S; cal hidratada em pó, tipo CH III e agregado miúdo de uma única procedência com módulo de finura igual a 1,63. A argamassa tipo "C" foi confeccionada com os mesmos materiais e aditivo de composição organo-sintética no lugar da cal. No chapisco, utilizou-se o mesmo cimento e agregado miúdo com módulo de finura igual a 3,43.

FLUXOGRAMA DOS ENSAIOS

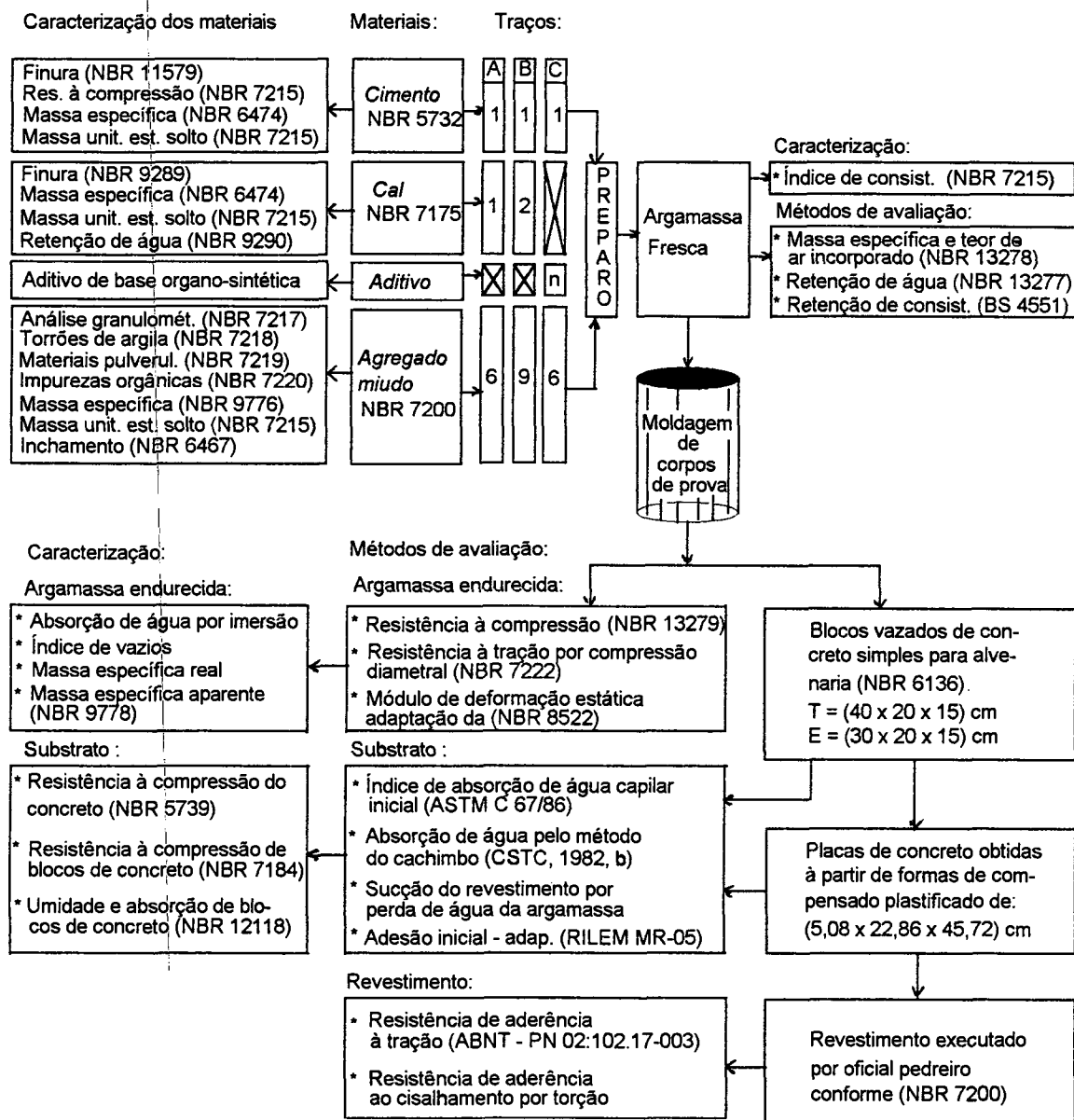


Figura 3.1: Especificações, métodos de ensaio e procedimentos utilizados na pesquisa.

Três traços, padronizados pelas normas, foram utilizados para dosar as argamassas de cimento-cal. No proporcionamento da argamassa de cimento-aditivo, foi obedecida a especificação do fabricante:

Tabela 3.1: Traços estudados na pesquisa.

Argamassa tipo	Traço em volume (agregado seco)	Especificação PN.02.102.17-005	Consistência inicial (mm)	Teor água	fator a/c
"A"	1 : 1 : 6	Grupo 2-III	275	18	1,86
"A1"	1 : 1 : 6	Grupo 2-III	295	21,8	1,92
"B"	1 : 2 : 9	Grupo 2-IV	259	15,8	2,82
"C"	1 : n : 6 (onde n = 0,0023)	Grupo 4-III	257	14	1,67

Para avaliação da aderência foram utilizadas três tipos de base de revestimento; uma menos porosa de concreto estrutural em forma de placas de superfície lisa e outra mais porosa, constituída por dois tipos de blocos de concreto (tipo "T" de textura mais fechada e tipo "E" de textura mais aberta).

Todas as bases usadas no estudo da aderência à tração e ao cisalhamento foram tratadas com chapisco de argamassa traço (1:3) em volume. Pensou-se, inicialmente, em avaliar a aderência em blocos de concreto sem chapisco. No entanto, para os traços e espessura definidos, não se conseguiu uma boa adesividade instantânea da argamassa ao substrato. Após alguns ensaios de aderência verificou-se uma alta dispersão dos resultados, assim como muitas perdas de corpos-de prova.

No estudo da influência da absorção na resistência de aderência, utilizou-se placas chapiscadas e blocos de concreto com e sem chapisco pois, neste caso, os valores médios de aderência entre os dois tipos de blocos ("T" e "E"), sem chapisco, foram significativos, sendo úteis para explicar o comportamento de uma propriedade em função da outra. O chapisco foi aplicado nos componentes dispostos em forma de painel, com um período de antecedência de 7 dias.

Tabela 3.2: Tipo e dimensões das bases estudadas na pesquisa.

Componente tipo	Dimensões
Placa de concreto	(5,08 x 22,86 x 45,72) cm
Bloco tipo "T"	(15 x 20 x 40) cm
Bloco tipo "E"	(15 x 20 x 30) cm

3.3 Metodologia empregada

A metodologia utilizada teve como base as propriedades e métodos de avaliação estabelecidos pela normalização atual, acrescentando-se procedimentos de interesse complementar e foi executada dentro das condições de pesquisa disponíveis no momento do trabalho.

Esta etapa foi dividida em três fases principais: caracterização dos materiais; produção dos corpos-de-prova e propriedades, métodos de avaliação e resultados obtidos. As especificações, métodos de ensaio e procedimentos a serem utilizados constam do Fluxograma de ensaios da figura (3.1).

3.3.1 Caracterização dos materiais

3.3.1.1 Caracterização dos materiais constituintes das argamassas:

Os ensaios de caracterização do cimento, da cal e do agregado miúdo foram executados com base nas normas nacionais vigentes, assim como as especificações tomadas como referência, com exceção dos limites para granulometria da areia, pois as exigências da norma nacional (NBR 7200), neste sentido, são incompletas.

Tabela 3.3: Caracterização do cimento

Material	Tipo	Ensaio	Valores méd. obtidos	Exigências NBR 5732
Cimento	CP-1S 32	Finura (NBR 11579)	1,25%	< 15%
		Res. à compres. (NBR 7215) 3 dias	21 MPa	10 MPa
		7 dias	24 MPa	20 MPa
		28 dias	33 MPa	32 MPa
		Massa específica (NBR 6474)	3,094 kg/dm ³	
		Massa unit. est. solto (NBR 7251)	1,132 kg/dm ³	

Tabela 3.4: Caracterização da cal

Material	Tipo	Ensaio	Valores méd. obtidos	Exigências NBR 7175
Cal	Dolomítica CH - III	Finura (NBR 9289) - Res. # n.30	0,03%	máx. = 0,5%
		- Res. # n.200	15,58%	max. = 15%
		Massa específica (NBR 6474)	2,575 kg/dm ³	
		Massa unit. est. solto (NBR 7251)	0,675 kg/dm ³	
		Retenção de água (NBR 9290)	74%	≥ 70 %
		Estabilidade (NBR 9205) [F. água/cal-0,523 (g/g) C.P.-19mm]	Sim	S. Defeitos
		Plasticidade (NBR 9206)	147 mm	≥ 110 mm
		Incorporação de areia (NBR 9207)	1 : 2,25	1 : > 2,2
		Óxidos totais (NBR 6473)	88,40%	≥ 88%
		Óxidos não hidratados "	17,60%	≤ 15%
		Anidrido carbônico (CO ₂) "	7,87%	≤ 13%

Obs: Defeitos no ensaio de estabilidade, significam o aparecimento de cavidades ou protuberâncias na superfície do corpo-de-prova, durante o ensaio.

3.3.1.2 Caracterização dos componentes de concreto utilizados como substratos:

As placas e blocos de concreto foram caracterizadas quanto à resistência à compressão, submetidos ao rompimento em prensa universal marca AMSLER com capacidade para 500 toneladas. Os blocos pré-moldados foram caracterizados, ainda, quanto a dimensões reais, absorção de água total, absorção de água capilar, porosidade, massa específica real e aparente. O número de blocos que constituíram os corpos-de-prova ensaiados foram separados da amostra representativa, conforme NBR 6136.

Tabela 3.5: Caracterização do agregado miúdo

Material	Tipo	Ensaio	Valores méd. obtidos	Valores Especif.	Norma
Areia	Fina revest.	Análise granulométr. (NBR 7217)			
		Mat. ret. acumulado # 2,36 mm	0,4 %	0	BSI-BS1199
		# 1,18 mm	3,0 %	0 - 10	
		# 0,60 mm	15,0 %	0 - 45	
		# 0,30 mm	50,0 %	50 - 95	
		# 0,15 mm	94,0 %	90 - 100	
		Módulo de finura (NBR 7217)	1,63		
		Diâmetro máximo (NBR 7217)	1,20 mm	1,00mm	NBR 7200
		Torrões de argila (NBR 7218)	2,08%		
		Materiais pulver. (NBR 7219)	1,50%	Máx. 5%	NBR 7200
Impurezas orgânicas (NBR 7220)	< 300 ppm	< 300 ppm			
Massa unit. est. solto (NBR 7251)	1,42 kg/dm ³				
Massa específica (NBR 9776)	2,55 kg/dm ³				
Areia	Grossa chap.	Módulo de finura (NBR 7217)	3,43		
		Diâmetro máximo (NBR 7217)	4,80 mm	3 à 5mm	NBR 7200

Tabela 3.6: Caracterização das placas e blocos de concreto.

Material	Tipo	Ensaio	Valores méd. obtidos	Exigências NBR 6136
Bloco de concreto	tipo "T" c/função estrutural	Dimensões reais - comprimento	39 cm	39 cm
		- largura	14 cm	14 cm
		- altura	19 cm	19 cm
		Resistência à compressão (NBR 7186)	fbk = 4,5 (MPa)	fbk ≥ 4,5 MPa
		Absorção total (NBR 7186)	8,24 %	a ≤ 10 %
		Massa específica aparente	1,93 kg/dm ³	
		Massa específica real	2,36 kg/dm ³	
		Porosidade	18,95%	
	tipo "E" c/função estrutural	Dimensões reais - comprimento	29 cm	29 cm
		- largura	14 cm	14 cm
		- altura	19 cm	19 cm
		Resistência à compressão (NBR 7186)	fbk = 5,52 (MPa)	fbk ≥ 4,5 MPa
		Absorção total (NBR 7186)	7,19 %	a ≤ 10 %
		Massa específica aparente	2,15 kg/dm ³	
		Massa específica real	2,50 kg/dm ³	
		Porosidade	21,56%	
Concreto (placas)	Fck 20	Resistência à compressão (NBR 5739)	23,3 MPa	

3.3.2 Produção dos corpos de prova

3.3.2.1 Produção das placas de concreto

Os prismas, utilizados no trabalho de pesquisa, foram construídos no Laboratório de Materiais de Construção Civil do CTC-UFSC e consistiram de placas de concreto (ver Tab. 3.6), obtidas a partir de formas de compensado plastificado que, após um período de cura, tiveram uma das superfícies tratadas com chapisco de areia grossa, para permitirem a ancoragem do revestimento.

3.3.2.2 Produção das argamassas

As argamassas foram produzidas em volume da ordem de (60 litros) em betoneira de eixo inclinado com capacidade para 120 litros, à partir de traços pré-estabelecidos em volume. Para garantir a consistência dos resultados ao longo dos ensaios os traços, em volume aparente, foram convertidos para dosagem em massa, através da seguinte expressão:

$$1 : (V_p \cdot \delta_p) / \delta_c : (V_a \delta_a) / (\delta_c) \quad \text{onde:}$$

V_a = proporção do agregado úmido no traço da argamassa, em volume aparente

V_p = proporção da cal hidratada no traço da argamassa em volume aparente.

δ_a = massa unitária do agregado miúdo, no estado seco e solto, em kg/dm^3

δ_c = massa unitária do cimento no estado solto, em kg/dm^3

δ_p = massa unitária da cal hidratada no estado solto, em kg/dm^3

A metodologia usada no preparo das argamassas pode ser assim resumida:

a) determinação, em balança, das massas da cal em pó e do agregado do traço, estando este na condição de seco ao ar e previamente passado em peneira de abertura igual a 4,8 mm.

b) preparo da argamassa de cal hidratada em pó em betoneira de eixo inclinado, anotando-se o teor de água adicionado e cobertura da cuba da betoneira para evitar qualquer fuga da água.

c) repouso da argamassa por um período de 24 horas; procedimento adotado para melhorar a plasticidade (viscosidade) como consequência da interação da água com a cal (maturação).

d) determinação da massa de cimento a ser adicionada, conforme o traço.

e) colocação do cimento na betoneira e mistura mecânica por um período de três minutos, adicionando-se nos dois primeiros minutos a água necessária para a obtenção da trabalhabilidade conforme descrito.

f) repouso da argamassa por um período de 10 minutos.

g) mistura mecânica da argamassa por mais 1 min. e descarga da betoneira.

A adição de água no preparo das argamassas de revestimento e chapisco foi a necessária para a trabalhabilidade adequada, com vistas à execução de revestimentos desempenados. O índice de consistência não foi uma propriedade pré-estabelecida, mas sim utilizada para caracterizar a trabalhabilidade que lhes foi conferida com base principalmente na opinião do oficial pedreiro encarregado da confecção dos revestimentos.

No traço da argamassa tipo "C" foi empregado um aditivo plastificante de base organo-sintética no lugar da cal hidratada para avaliar a resistência mecânica de aderência em argamassas aditivadas, em quantidade dosada e misturada de acordo com as recomendações do fabricante.

3.3.2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos

De cada argamassa preparada, uma fração foi destinada à determinação das características da argamassa no estado fresco e outra para a moldagem de doze corpos-de-prova cilíndricos de 50mm x 100mm, em analogia à NBR 7215.

Todos os corpos de prova, após moldados, permaneceram 48 horas dentro dos moldes, em câmara com umidade relativa do ar acima de 95 %. A seguir foram desmoldados e permaneceram no ambiente do laboratório, à temperatura de 21 ± 1 °C, até a idade de ensaio. As condições ambientais foram acompanhadas através de um termo-higrógrafo que registrava, de forma contínua, a temperatura e umidade relativa do ar.

3.3.2.4 Produção dos revestimentos e preparo dos corpos-de-prova

A execução dos revestimentos foi planejada dentro de um processo de racionalização e procurou-se adotar algumas condições específicas para padronizar o trabalho de modo a diminuir o número de variáveis intervenientes, facilitando a interpretação dos resultados.

Todos os revestimentos foram produzidos por um oficial pedreiro no interior do laboratório e utilizou-se instrumentos de medida da temperatura e umidade, (termo-higrômetro digital), para avaliar as condições ambientais do local.

Os revestimentos foram aplicados, em uma única camada, sobre componentes, já chapiscados, justapostos em forma de painel dentro de uma forma de madeira de profundidade adequada, resultando com espessura média entre 15 mm e 20 mm. Antes da aplicação do revestimento, a camada de chapisco foi escovada a seco para remover a poeira e eventuais partes soltas.

O trabalho de sarrafeamento com régua foi normalmente iniciado quando a argamassa adquiriu coesão suficiente para não desprender-se de sua base. O acabamento, com desempenadeira de feltro, foi efetuado após intervalo de tempo julgado ideal pelo oficial pedreiro, para evitar a fissuração e qualquer influência negativa na extensão de aderência.

Após o desempenamento, a etapa seguinte consistiu em cortar, com auxílio de lâmina metálica, na posição das juntas, os revestimentos frescos executados sobre os painéis para permitir a mobilização posterior dos componentes.

A seguir os componentes de concreto revestidos permaneceram no ambiente de laboratório para curar ao ar até a idade de ensaio. Após este período, com auxílio de uma serra-copo com diâmetro de 50mm, acoplada em furadeira de bancada e compressor de ar para expulsar a poeira originada no vinco, procedeu-se o corte, à seco, dos corpos de prova de seção circular ($\phi \approx 45$ mm), com aprofundamento até 3mm abaixo do chapisco.

Nas 24 placas de concreto revestidas, (8 para cada argamassa), cortou-se 10 corpos de prova em cada componente. Procedimento idêntico fez-se nos 24 blocos tipo "T". Na pesquisa de evolução da aderência, 24 blocos tipo "T" e 6 blocos tipo "E", foram utilizados, sendo que em cada bloco do primeiro tipo, (maior dimensão), foram cortados 10 corpos-de-prova e nos blocos do segundo tipo, (menor dimensão), apenas oito.

3.4 Propriedades, métodos de avaliação e resultados obtidos

3.4.1 Métodos de avaliação das argamassas

3.4.1.1 Ensaios das argamassas no estado fresco

Em cada tipo de argamassa foram executados ensaios de caracterização no estado fresco, tais como: a determinação do índice de consistência na mesa ABNT, determinação da massa específica, retenção de água e retenção de consistência. Na tabela 3.7 estão listados os valores obtidos por uma ou a média de duas determinações, de acordo com a norma de ensaio correspondente.

Tabela 3.7: Resultados obtidos para argamassa no estado fresco

Material	Tipo	Características e Ensaios	Valores méd. Obtidos
Argamassa no estado fresco	"A"	Traço em volume (agr. seco)	1 : 1 : 6
		Traço em massa (agr. seco)	1 : 0,60 : 7,52
		Ind. de consistência (NBR 7215)	275 mm
		Retenção de água (NBR 13277)	90,3 %
		Retenção de consist. (BS 4551/80)	46 %
	"B"	Traço em volume (agr. seco)	1 : 2 : 9
		Traço em massa (agr. seco)	1 : 1,19 : 11,28
		Ind. de consistência (NBR 7215)	259 mm
		Retenção de água (NBR 13277)	91,0 %
		Retenção de consist. (BS 4551/80)	47 %
	"C"	Traço em volume (agr. seco)	1 : 0,0023 : 6
		Traço em massa (agr. seco)	1 : 0,0026 : 7,52
		Ind. de consistência (NBR 7215)	257 mm
		Retenção de água (NBR 13277)	86,8 %
		Retenção de consist. (BS 4551/80)	30 %

a) - Massa específica e teor de ar da argamassa no estado fresco (NBR 13278)

Aparelhagem: Foi utilizado um molde cilíndrico de PVC com 75 mm de diâmetro interno e volume igual a $0,462 \text{ dm}^3$, previamente obtido por três determinações com água, juntamente com sua massa seca; soquete cilíndrico em material plástico rígido, com $37,5 \pm 0,5$ mm de diâmetro e massa de 250 g; faca paleta metálica e balança com resolução de 0,5 g.

Execução do ensaio: O molde cilíndrico foi preenchido com a argamassa em estudo, em quatro camadas aproximadamente iguais, socando cada camada com 20 golpes leves, uniformemente distribuídos. Removido o excesso de argamassa, através da faca paleta com a lâmina quase na vertical e por dois movimentos em direções ortogonais, o molde foi limpo e determinado a sua massa.

Resultados: A massa específica da argamassa em estudo é expressa pela média de duas determinações, calculadas através da fórmula:

$$\gamma_{\text{arg}} = (M_{\text{ma}} - M_{\text{m}}) / V_{\text{m}}, \text{ onde:}$$

γ_{arg} - massa específica da argamassa fresca em kg/dm^3

M_{ma} - massa do molde preenchido e rasado com argamassa, em kg

M_{m} - massa média do molde limpo e seco em kg

V_{m} - volume médio do molde, em dm^3 , obtido nas três determinações com água

O ar existente na argamassa em estudo é expresso pela média de duas determinações, calculadas pela fórmula:

$$\text{Ar} = 100 \{ 1 - [\gamma_{\text{arg}} \times (1/d_{\text{c}} + p/d_{\text{p}} + q/d_{\text{q}} + a/c) / (1 + p + q + a/c)] \}, \text{ sendo:}$$

Ar - teor de ar da argamassa, em %

p - relação cal/cimento do traço da argamassa, em massa

q - relação agregado miúdo/cimento do traço da argamassa, em massa e com agregado seco.

a/c - relação água/cimento da argamassa, em massa

- dc - massa específica do cimento em kg/dm^3
 dp - massa específica da cal em kg/dm^3
 dq - massa específica do agregado miúdo em kg/dm^3
 γ_{arg} - massa específica da argamassa em kg/dm^3

Tabela 3.8: Resultados do ensaio de massa específica e teor de ar

Ensaio Argam.	Massa específica (kg/dm^3)	Teor de ar (%)	Teor de água (litros)
A - (1:1:6)	2,00	1,95	18,0
A1 - (1:1:6)	1,97	3,00	21,8
B - (1:2:9)	1,93	4,87	15,8
C - (1:n:6)	1,87	9,25	14,0

3.4.1.2 Ensaio das argamassas no estado endurecido - corpos de prova cilíndricos

Para caracterizar as argamassas endurecidas, foram moldados doze corpos de prova de cada traço e determinados: a resistência à compressão axial, em prensa manual de fabricação nacional com capacidade para 2000 kg; a resistência à tração por compressão diametral, na mesma prensa, adaptada para este ensaio; módulo de deformação estática; absorção de água total, índice de vazios e massa específica. Os valores descritos na Tabela 3.9 foram expressos pela média aritmética dos valores obtidos nos ensaios, realizados na idade de 28 dias.

Tabela 3.9: Resultados obtidos para a argamassa no estado endurecido

Material	Tipo e Traço	Características e Ensaio (NBR 9778)	Valores méd. Obtidos
argamassa no estado endurecido	"A" 1 : 1 : 6	Abs. de água p/ imersão	16,5 %
		Índice de vazios	28,4 %
		Massa aparente seca	1,66 kg/dm^3
		Massa específica real	2,40 kg/dm^3
	"B" 1 : 2 : 9	Abs. de água p/ imersão	17,3 %
		Índice de vazios	29,5 %
		Massa aparente seca	1,64 kg/dm^3
		Massa específica real	2,42 kg/dm^3
	"C" 1 : n : 6 n=0,0023	Abs. de água p/ imersão	15,8 %
		Índice de vazios	26,1 %
		Massa aparente seca	1,52 kg/dm^3
		Massa específica real	2,24 kg/dm^3

a) - Resistência à compressão, NBR 13279/95:

Tabela 3.10: Resultados do ensaio de resistência à compressão simples por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.

Ensaio: Argam. tipo	Resistência à compressão (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)	Desvio rel. máx.
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3				
A - (1:1:6)	4,52	4,20	4,28	4,33	0,166	3,84	+ 4,39 %
B - (1:2:9)	2,37	2,26	2,39	2,34	0,070	2,99	- 3,53 %
C - (1:n:6)	3,58	3,34	3,39	3,43	0,126	3,68	+ 4,37 %

Tabela 3.11: Resultados do ensaio de resistência à compressão simples, com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.

Ensaio: Argam. A1	Resistência à compressão (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)	Desvio rel. máx.
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3				
007 dias	2,78	2,75	2,42	2,65	0,200	7,53	- 8,68 %
014 dias	2,88	3,05	2,96	2,96	0,085	2,87	± 2,70 %
028 dias	3,93	4,31	3,56	3,93	0,375	9,53	± 9,41 %
063 dias	4,76	5,33	5,46	5,18	0,372	7,18	- 8,12 %
091 dias	6,33	5,46	5,23	5,67	0,580	10,23	+11,64 %
119 dias	6,60	6,59	6,89	6,69	0,170	2,54	- 2,98 %

b) - Tração por compressão diametral, NBR 7222:

Tabela 3.12: Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.

Ensaio: Argam. tipo	Resistência à tração (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3			
A - (1:1:6)	0,57	0,52	0,53	0,54	0,026	4,90
B - (1:2:9)	0,29	0,30	0,32	0,30	0,015	5,03
C - (1:n:6)	0,41	0,45	0,50	0,45	0,045	9,95

Tabela 3.13: Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.

Ensaio: Argam. A1	Resistência à tração (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3			
007 dias	0,34	0,32		0,33	0,014	4,28
014 dias	0,38	0,43	0,44	0,42	0,032	7,71
028 dias	0,52	0,51	0,62	0,55	0,061	11,05
063 dias	0,52	0,62	0,52	0,55	0,058	10,43
091 dias	0,79	0,74	0,77	0,76	0,025	3,28
119 dias	0,73	0,62	0,75	0,70	0,070	10,00

desprezado por questão executiva

c) - Módulo de deformação estática:

Aos 28 dias de idade, após cura em ambiente de laboratório, 3 corpos-de-prova cilíndricos de cada traço, moldados conforme NBR 7215, foram submetidos ao ensaio de módulo de deformação estática, cujo método foi adaptado da norma para concreto NBR 8522. No estudo de evolução da aderência foram ensaiados 3 corpos de prova por idade a qual variou de 07 à 191 dias.

A previsão da tensão de ruptura à compressão foi feita com base na média dos resultados dos respectivos ensaios de resistência à compressão axial e o plano de carga escolhido foi o tipo II. Para medida das deformações longitudinais, tomou-se duas bases de medida com valor igual a 38 mm ($\geq 2/3$ do diâmetro do corpo de prova) e utilizou-se LVDTs com sensibilidade de 10^{-5} de deformação específica, como aparelho de medida. O ensaio foi executado em prensa manual com capacidade para 2000 kg.

Tabela 3.14: Resultados do ensaio de módulo de deformação estática por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.

Ensaio: Argam. tipo	Eo (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3			
A - (1:1:6)	7724,13	7899,68	6662,99	7428,93	669,11	9,01
B - (1:2:9)	4700,96	4377,99	4155,92	4411,62	274,07	6,21
C - (1:n:6)	5488,20	6179,30	7191,43	6286,31	856,64	13,63

Tabela 3.15: Resultados do ensaio de módulo de deformação estática com argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.

Ensaio: Argam. A1	Eo (MPa)			Média (MPa)	Desvio pad. amost.	C.V. (%)
	C.P. - 1	C.P. - 2	C.P. - 3			
007 dias	7448,27	7667,34	6900,60	7338,74	394,93	5,38
014 dias	7559,99	6631,57	9569,61	7920,39	1501,81	18,96
028 dias	16818,67	8477,70	8617,83	8547,77	99,09	1,16
063 dias	9037,23	10844,68	9614,08	9832,00	923,22	9,39
091 dias	12241,07	9384,82	11172,40	10932,76	1443,13	13,20
119 dias	10713,26	13841,92	9422,51	11325,90	2272,51	20,06

Valor considerado espúrio

3.4.2 Métodos de avaliação dos substratos

A seguir, descreve-se os métodos de avaliação correspondentes aos substratos, a idade de ensaio e o número de corpos-de-prova por tipo de substrato de concreto. O substrato foi avaliado quanto a sua capacidade de absorção de água capilar inicial, capacidade de sucção através da perda de água da argamassa e quanto à adesão inicial. As normas utilizadas estão citadas na Figura 3.1.

a) - Avaliação da absorção dos substratos:

a.1 - Índice de absorção de água capilar inicial, segundo o método da ASTM C 67/86 (IRA):

Objetivo: Caracterizar, em laboratório, a absorção de água capilar inicial dos componentes, através de um índice correspondente à quantidade de água (em g), absorvida por capilaridade por uma área padrão de componente igual a $193,55 \text{ cm}^2$ ou $(30''^2)$, durante o primeiro minuto de imersão do mesmo, em $3,18 \pm 0,25 \text{ mm}$ de coluna d'água.

Aparelhagem: Uma caixa d'água de aproximadamente 1000 dm^3 , dois suportes de metal, dois prismas metálicos de seção triangular, uma balança com capacidade mínima de 20 kg, com resolução de 0,5 g e estufa para operar na faixa de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Execução do ensaio: Mediu-se a área interna do plano superior do tanque de água e do plano definido à 10 cm abaixo do mesmo e calculou-se a área média do tanque (A_{mc}), no intervalo de altura considerado. Adotou-se uma amostra maior ou igual à 5 unidades, porém algumas séries foram constituídas de 4 unidades - abaixo do limite mínimo (5 un.), prescrito pela norma - por limitação da amostra.

Foi determinada a área individual (A_f) de uma das faces (face a ser ensaiada), de cada componente e calculado o valor médio (A_{mf}). Os componentes foram colocados em estufa por período superior a 10 horas até atingir constância de massa; logo após foram dessecados à temperatura ambiente e determinada a massa seca de cada um (M_{se}).

Os dois prismas metálicos foram posicionados sobre os suportes (Figura 3.2) e subiu-se o nível de água até ficar alinhado com a parte superior do prisma; acrescentou-se o volume de água (V_a), necessário para elevar o nível de $3,18 \pm 0,25$ mm (altura de imersão do componente) e dado pela expressão $V_a = 3,18 (A_{mc} - A_{mf})$.

A descrição dos procedimentos de ensaio, para cada componente, pode ser assim resumida:

- Apoiar-se a face do componente, a ser ensaiada, sobre os prismas, imergindo-a na água durante 60 ± 5 s.

- Imediatamente após remover o componente da água, determina-se a sua massa final (M_f).

- Acrescenta-se no tanque, antes do ensaio do próximo componente, o volume de água (V_a) absorvido pelo componente recém ensaiado, calculado conforme a expressão $V_a = M_f - M_{se}$

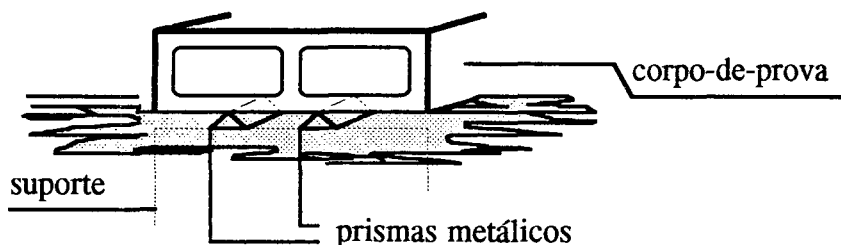


Fig 3.2: Esquema do ensaio de absorção pelo método do IRA

Resultados: O Índice de absorção de água capilar inicial (IRA) de cada um dos componentes ensaiados foi calculado através da expressão (Tab. 3.16):

$$IRA = (M_f - M_{se}) \cdot 193,55 / A_f, \quad \text{sendo:}$$

IRA - Índice de absorção de água capilar inicial do componente, em g

M_f - massa final do componente após imersão, em g

M_{se} - massa do componente após secagem em estufa, em g

A_f - área da face de revestimento do componente submetida ao ensaio, em cm^2

a.2 - Absorção de água do substrato pelo método do Cachimbo, CSTC (1982, b):

Objetivo: Consiste em determinar, em laboratório ou “in locu”, a absorção de água, através do tempo necessário para escoar 4 ml de coluna d’água (pressão inicial de 92 mm), ou até completar 15 min.

Tabela 3.16: Resultados do ensaio de índice de absorção de água capilar inicial (IRA)

Substrato	código	Mf (g)	Mse (g)	Af (cm ²)	IRA (g)	Média	D Pad	C V
Placa de concreto com chapisco	P - 1	12750,00	12630,00	1058,00	21,95	19,35	2,85	14,74
	P - 2	13705,00	13595,00	1064,81	19,99			
	P - 3	12790,00	12705,00	1076,46	15,28			
	P - 4	11610,00	11500,00	1055,60	20,17			
Bloco tipo "T" com chapisco	B - 1	11815,00	11400,00	729,30	110,14	122,40	16,10	13,16
	B - 2	11845,00	11360,00	731,17	128,39			
	B - 3	11650,00	11170,00	735,08	126,39			
	B - 4	11635,00	11285,00	735,08	92,16			
	B - 5	11925,00	11420,00	738,99	132,27			
	B - 6	11650,00	11165,00	727,26	129,08			
	B - 7	11750,00	11205,00	727,26	145,04			
	B - 8	11700,00	11265,00	727,26	115,77			
Bloco tipo "T" sem chapisco	T - 1	11275,00	10730,00	723,35	145,83	95,72	9,32	9,74
	T - 2	11160,00	10845,00	723,35	84,29			
	T - 3	11270,00	10915,00	731,17	93,97			
	T - 4	11395,00	10990,00	727,26	107,79			
	T - 5	11520,00	11190,00	727,26	87,82			
	T - 6	11410,00	11065,00	727,26	91,82			
	T - 7	10985,00	10625,00	727,26	95,81			
	T - 8	11355,00	10945,00	731,17	108,53			
Bloco tipo "E" sem chapisco	E - 1	8975,00	8615,00	555,39	125,46	119,85	10,02	8,36
	E - 2	8895,00	8585,00	553,52	108,40			
	E - 3	8710,00	8330,00	554,60	132,62			
	E - 4	9145,00	8825,00	556,48	111,30			
	E - 5	9515,00	9165,00	557,55	121,50			
Bloco tipo "E" com chapisco	C - 1	9515,00	9165,00	557,55	121,50	129,34	9,11	7,04
	C - 2	9735,00	9330,00	551,65	142,10			
	C - 3	9400,00	9030,00	553,52	129,38			
	C - 4	9295,00	8940,00	552,42	124,38			
Resultado considerado espúrio								

Observação: devido à elevada porosidade dos blocos de concreto, foi necessário fazer uma adaptação e alterar o padrão de medida do ensaio normalizado, ou seja, determinar o tempo necessário para escoar o volume de água do interior do cachimbo (da extremidade de contato com o substrato até a referência de nível zero), o qual é de 21 ml (Tab. 3.17).

Aparelhagem: Cachimbo de vidro, confeccionado conforme Figura 3.3, uma pipeta de vidro, graduada, com capacidade para 25 ml, um cronômetro e massa de vedação (mastique).

Execução do ensaio: O cachimbo deve ser fixado ao substrato por um “biscoito” de mastique de forma cilíndrica e envolver o bordo do mesmo com uma tira do mesmo material para impedir a fuga da água pela superfície de contato. A água é colocada no interior do cachimbo por uma pipeta graduada (capac. 25 ml), acoplada à uma pêra de borracha; com auxílio da pêra, enche-se a pipeta até a marca de 21 ml; Ao retirar-se a pêra da extremidade mais fina da pipeta, a água deve escoar para o interior do cachimbo, pela extremidade mais aberta da mesma, com velocidade constante de 45 ± 5 ml/seg.

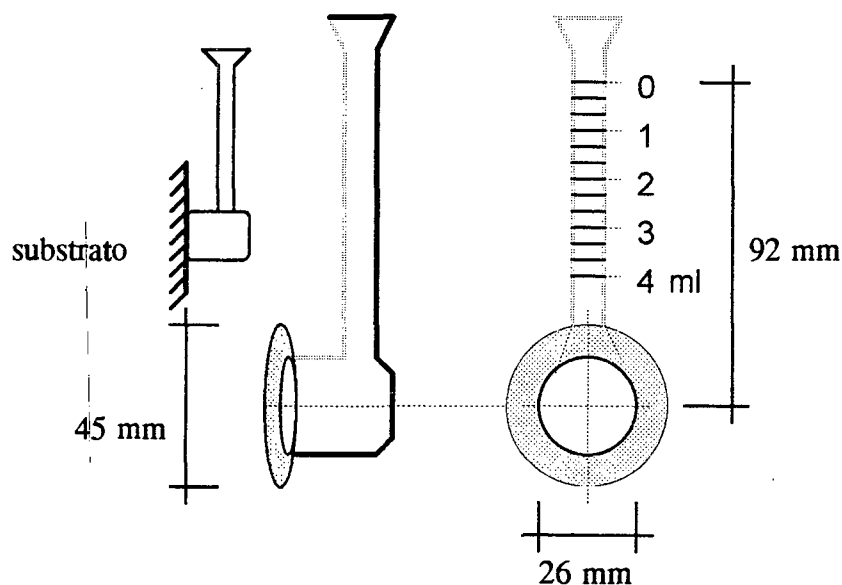


Figura 3.3: Desenho esquemático do cachimbo de vidro

O ensaio foi executado em 5 locais diferentes do mesmo componente e não foi observada nenhuma interferência entre os mesmos.

Tabela 3.17: Resultados do ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.

Substrato	código	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	x	σ	c.v.
Placa de concreto com chapisco (ml/15min.)	P - 1	0,85	1,8	2,175	0,6				
	P - 2	3,3	4,05	6	6	0,7			
	P - 3	1,14	1,02	2,7	1,38	1,05			
	P - 4	4,61	5	12	20		3	1,92	72,6
Bloco tipo "T" com chapisco (seg./21ml)	B - 1	35"	215"	2.00	13"	43"			
	B - 2	125"	32"	26"	1.31	317"			
	B - 3	41"	22"	26"	12"	73"			
	B - 4	240"	113"	1175"	136"	29"	74	71,9	97,5
Bloco tipo "T" sem chapisco (seg./21ml)	T - 1	8"	10"	18"	20"	31"			
	T - 2	18"	26"	29"	30"	31"			
	T - 3	19"	41"	32"	9"	23"			
	T - 4	55"	46"	36"	33"	23"	27	12,2	45,2
Bloco tipo "E" sem chapisco (seg./21ml)	E - 1	8"	7"	8"	7"	6"			
	E - 2	5"	9"	8"	10"	9"			
	E - 3	14"	7"	18"	6"	12"			
	E - 4	6"	9"	8"	6"	6"	8	3,14	37,1

Resultado considerado espúrio

Desprezado por questão executiva

b) - Procedimentos desenvolvidos para avaliar a sucção da base através da perda de água da argamassa:

b.1 - Absorção inicial da água de amassamento pelo substrato - método da retenção de consistência, baseado na BS 4551.

Objetivo: Avaliar, em laboratório, a capacidade do substrato em absorver a água de amassamento da argamassa que contém os aglomerantes em dissolução.

Preparo dos corpos-de-prova: Os substratos foram secos em estufa por um período de 10 horas até atingir constância de massa; logo após foram deixados em dessecador por 4 horas até equilíbrio térmico com a temperatura ambiente.

Produção da argamassa: A argamassa de traço (1:1:6), produzida em 4 volumes de 2,5 litros, (um para cada tipo de substrato), foi preparada em argamassadeira com capacidade nominal de 5 kg. As misturas foram produzidas a partir da argamassa de cal hidratada em pó,

mantida em repouso por 24 horas; procedimento adotado para melhorar a plasticidade como consequência da interação da água com a cal.

Execução do ensaio: Cada substrato foi avaliado através do lançamento de uma camada de argamassa de 2 cm de espessura em uma área de 554 cm² do mesmo, padronizada para melhorar o controle do processo.

O tempo determinado para remoção da camada foi de 5 minutos pois, segundo Davison (1961), citado por SELMO (1989), a perda substancial de água das argamassas, para substratos porosos, ocorre neste período de contato.

Resultados: Como parâmetro de avaliação foi executado o ensaio de consistência com o uso da Mesa ABNT (NBR 7215), antes e depois do contato direto com a base, sendo utilizado um volume de argamassa igual a 1108 cm³, devidamente homogeneizada.

$$RC = [(C_f - \phi_c) / (C_i - \phi_c)] \times 100, \text{ onde:}$$

RC - Retenção de consistência em (%)

C_i - Consistência inicial em (mm)

C_f - Consistência final em (mm)

φ_c - diâmetro da base maior do cone-molde = 125 mm

Tabela 3.18: Resultados do ensaio de retenção de consistência

Substrato	código	Consistência (mm)		Retenção de consist. (%)	Média	D. padr. A.	C.V.
		inicial (C _i)	final (C _f)				
Placa de concreto com chapisco	P - 1	290	248	74,55	77	3,02	3,94
	P - 2	267	232	75,35			
	P - 3	281	250	80,13			
Bloco tipo "T" com chapisco	B - 1	290	250	75,76	74	6,22	8,38
	B - 2	281	249	79,49			
	B - 4	272	224	67,35			
Bloco tipo "T" sem chapisco	T - 1	306	246	66,85	72	2,55	3,53
	T - 2	279	241	75,32			
	T - 3	303	251	70,79			
Bloco tipo "E" sem chapisco	E - 1	301	250	71,02	68	3,49	5,12
	E - 2	308	252	69,40			
	E - 3	310	244	64,32			

b.2 Perda de água por secagem em mufla à 600 °C

Objetivo: Para efeito comparativo com o método da Retenção de Consistência, a absorção do substrato foi também avaliada pela perda de água da argamassa, em percentagem

Procedimento: Conforme descrito no item 3.4.2-b1, cada componente foi revestido com uma camada de argamassa de 2 cm de espessura. Antes e após 5 minutos do lançamento, (contato direto com a base), foram retiradas amostras da massa fresca e homogeneizada para os ensaios de consistência inicial e final. Juntamente com essas, foram retiradas amostras e colocadas em mufla à temperatura de 600 °C para determinação da perda total de água.

Tabela 3.19: Resultados do ensaio de perda total de água em mufla à 600 °C

Substrato	Consistência		Peso da argamassa (g)		Perda de água		Ab (%)
	traço	1:1:6	C/água	S/água	(g)	(%)	
Placa de concreto com chapisco	inicial	290	103,59	84,06	19,53	23,23	0,78
	final	248	110,80	90,48	20,32	22,46	
	inicial	267	114,49	92,71	21,78	23,49	0,93
	final	232	135,66	110,69	24,97	22,56	
Bloco tipo "T" com chapisco	inicial	290	184,79	150,86	33,93	22,49	0,92
	final	250	125,72	103,41	22,31	21,57	
	inicial	281	175,05	141,67	33,38	23,56	0,90
	final	249	153,36	125,03	28,33	22,66	
Bloco tipo "T" sem chapisco	inicial	306	184,79	150,86	33,93	22,49	1,00
	final	246	150,78	124,11	26,67	21,49	
	inicial	303	158,74	128,19	30,55	23,83	1,35
	final	251	533,93	435,93	98,00	22,48	
Bloco tipo "E" sem chapisco	inicial	308	105,56	84,99	20,57	24,20	1,76
	final	252	194,56	158,90	35,66	22,44	
	inicial	310	140,93	112,61	28,32	25,15	1,74
	final	244	126,23	102,29	23,94	23,40	

Resultados: De acordo com a Tab. 3.19, de cada dois componentes, por tipo de substrato, coletou-se e pesou-se uma parcela das amostras retiradas para consistência inicial e final e, depois de secagem em mufla, as mesmas foram pesadas novamente. Assim, a água em (%), absorvida pelo componente é dada pela expressão:

$$A_i = [(M_h - M_s)/M_s] \times 100$$

$$A_f = [(M_h' - M_s')/M_s'] \times 100$$

$$A_b = A_i - A_f, \quad \text{onde:}$$

A_i - Água total presente na argamassa antes do revestimento em (%)

A_f - Água total presente na argamassa depois do contato com a base em (%)

M_h - massa úmida da argamassa antes do revestimento em (g)

M_s - massa da argamassa após secagem em mufla (g)

M_h' - massa úmida da argamassa depois do contato com a base (g)

M_s' - massa da argamassa após secagem em mufla (g)

A_b - Capacidade de absorção inicial do componente em (%)

b.3 Avaliação da absorção inicial dos substratos baseado no ensaio da RILEM MR-4 (1982) “Water-Retention capacity of Mortars”.

Introdução: No procedimento padrão de avaliação da capacidade de retenção de água da argamassa é usado, como superfície absorvente, o papel filtro de absorção padrão. Para efeito comparativo entre diferentes substratos, o método permite usar a superfície do próprio componente, como superfície absorvente.

Objetivo: Para efeito da determinação da sucção de água pelo substrato considerou-se este método como alternativo, pois o mesmo consiste em determinar, em laboratório, a retenção de água da argamassa colocada dentro de um anel cilíndrico vazado em contato direto com o substrato por 2 minutos, e através de diferenças de pesagem calcula-se o volume percentual de água retido e, por conseguinte, o volume percentual que a base absorve.

Equipamento: Um molde metálico, circular, de aproximadamente 5 mm de espessura e 25 mm de altura e com diâmetro interno de 100 mm, um disco cilíndrico de metal com diâmetro de 97 mm e altura tal que sua massa seja de 2,4 kg, gaze de 120 mm de largura e balança com capacidade mínima de 200 g e resolução de 50 mg.

Procedimento:

- Os corpos-de-prova (prisma de concreto de pequenas dimensões e partes do bloco de concreto) foram colocados em estufa por período superior a 10 horas até atingir constância de massa. Logo após foram dessecados à temperatura ambiente e determinada a massa seca (Cs) de cada um.

- Duas lâminas de gaze foram assentadas sobre a superfície do corpo-de-prova.

- O molde foi posicionado no centro e pesou-se o conjunto (Mi - anel, gaze, corpo-de-prova seco).

- O molde metálico foi preenchido com argamassa, utilizando-se uma faca paleta, sem desperdícios de material (o enchimento deve ser rápido, em torno de 10 segundos).

- Imediatamente após, colocou-se o disco metálico no topo da argamassa, girando-se para direita e esquerda, alisando a superfície da argamassa.

- Dois minutos depois, retirou-se o disco metálico e pesou-se o conjunto (Mf - anel, gaze, argamassa e corpo-de-prova). Com o auxílio de uma placa de vidro, o conjunto (gaze, anel e argamassa) foi removido e procedeu-se o peso do corpo-de-prova úmido (Ch).

Resultados: A água liberada pela argamassa é calculada pela expressão:

$$Ac = [(Ch-Cs)/ Af \cdot (Mf - Mi)] \times 100, \quad \text{onde:}$$

Ch - Massa do corpo-de-prova úmido em (g)

Cs - Massa do componente seco em (g)

Af - Teor água/materiais secos

Mf - Massa do conjunto (componente + argamassa + anel + gaze) em (g)

Mi - Massa do conjunto (componente seco + anel + gaze) em (g)

Ac - Capacidade de absorção inicial do substrato em (%), traduzida pela água cedida pela argamassa.

Tabela 3.20: Resultados do ensaio MR- 4 RILEM

Substrato	água (g)		Ac (%)	Média	D.Pad.	C.V.
	presente na argamassa	cedida pela argamassa				
Placa de concreto	66,20	2,5	3,78	4,04	0,37	9,10
	65,14	2,8	4,30			
Bloco tipo "T" com chap.	68,52	2,9	4,23	4,41	0,26	5,92
	65,23	3,0	4,60			
Bloco tipo "T" sem chap.	63,86	4,1	6,42	5,87	0,78	13,25
	63,93	3,4	5,32			
Bloco tipo "E" sem chap.	65,07	3,8	5,84	7,29	2,05	28,13
	61,76	5,4	8,74			

Obs. Ac - Capacidade de absorção inicial do substrato

c) - Adesão inicial de componentes de concreto:

Objetivo: Este ensaio foi desenvolvido tomando-se como referência a norma RILEM - MR 5, (Adesão inicial de argamassas), e tem como objetivo determinar, através de simples e imediata apreciação, se a necessária adesão inicial entre a base e o revestimento de uma argamassa selecionada pode ser obtida. É normalmente executado no campo, mas pode ser feito em laboratório.

Material utilizado: Foi providenciada uma amostra de 5 unidades de cada tipo de componente a ser ensaiado e 5 à 10 litros de argamassa tipo "A", de consistência normal, conforme a área do componente a ser revestido. O ensaio foi, também, executado em dois tipos de tijolos cerâmicos, como parâmetros de comparação.

Execução do ensaio:

- Pega-se o componente, previamente seco em estufa, conforme descrito no item 3.4.2-a.1 e coloca-se em posição horizontal sobre uma bancada.
- Utilizando-se técnica normal de revestimento, cobre-se, de argamassa, uma das faces maiores do componente, com espessura de aproximadamente 20 mm.
- Após o contato da argamassa com a base por 2 minutos, o componente é virado, ficando com a face revestida para baixo.

- É anotado se a ruptura ocorre na argamassa ou na interface argamassa/componente.
- Se a superfície de fratura se localiza na argamassa, isto é, se a mesma fica aderida na superfície com a qual ela esteve em contato, então a adesão inicial é considerada satisfatória.
- Se a ruptura se dá na interface argamassa/componente, o mesmo é considerado com fraca adesão inicial.

Tabela 3.21: Resultados dos ensaios de adesão inicial - Arg. "A"

Componente	Quantidade	Adesão Inicial
Placa de concreto com chapisco	05	Satisfatória
Bloco tipo "T" com chapisco	05	Satisfatória
Bloco tipo "E" com chapisco	05	Satisfatória
Bloco tipo "T" sem chapisco	05	fraca adesão inicial
Bloco tipo "E" sem chapisco	05	fraca adesão inicial
Tijolo cerâmico superfície lisa sem chapisco	05	Satisfatória
Tijolo cerâmico sup. canelada sem chapisco	05	Satisfatória

3.4.3 - Métodos de avaliação dos revestimentos

A seguir, descreve-se os métodos de avaliação da resistência de aderência, a idade de ensaio e o número de determinações ou de corpos-de-prova, por traço de argamassa. O revestimento é avaliado quanto à resistência mecânica de aderência à tração e ao cisalhamento por torção. As normas estão citadas na Fig. 3.1

a) - Resistência mecânica de aderência à tração:

O ensaio foi executado conforme PROJETO 02:102.17-003 elaborado pela Comissão de Estudos de Argamassas de Assentamento e Revestimento do CB-02, ABNT. Teve por objetivo determinar a resistência de aderência, por meio de esforço de tração de revestimentos com argamassas, aplicados sobre bases de concreto, em laboratório.

Equipamento: Utilizou-se equipamento mecânico de fabricação nacional, com articulação para aplicar um esforço de tração simples, com dispositivo para leitura de tensão e capacidade máxima de 0,5 MPa, capaz de permitir a aplicação manual lenta e progressiva da carga. Para acoplar o equipamento de tração ao corpo-de-prova, usou-se pastilhas de alumínio, não deformáveis, de seção circular com 50 mm de diâmetro, as quais possuem um dispositivo no centro para a ligação com o aparelho.

Preparo dos corpos-de-prova: O preparo dos corpos-de-prova pode ser resumido na seqüência de procedimentos a seguir descrita:

- camada de chapisco sobre as bases preparadas, com antecipação de sete dias, quando estabelecido este tratamento preliminar.

- Aplicação da argamassa de revestimento, em estudo, na base em posição vertical, por técnica profissional e camada resultante com espessura entre 15 e 20 mm.

- Cura ao ar, no ambiente do laboratório, até a idade programada para o ensaio.

- Sete dias antes da data do ensaio, procedeu-se o corte com serra-copo de altura superior à espessura do revestimento, com borda diamantada, provida de eixo central acoplado a uma furadeira de bancada de modo a garantir a estabilidade do copo e evitar vibrações prejudiciais à integridade do revestimento. O corte foi executado a seco com o auxílio de um compressor de ar, com aprofundamento 2 à 3mm abaixo da superfície do substrato.

Execução do ensaio: A execução do ensaio teve as seguintes etapas:

- Lixamento rápido e escovamento para remoção de partículas destacáveis.

- Medida da seção dos corpos de prova.

- Aplicação, com espátula, de adesivo à base de resina-epóxi de secagem em 24 horas.

- Colagem das pastilhas um dia antes da data prevista para o ensaio.

- Acoplamento do equipamento de tração à pastilha e execução do arrancamento até a ruptura do corpo-de-prova, aplicando carga a uma taxa constante, selecionada conforme tabela normalizada em função da resistência de aderência provável, sem interrupções e perpendicularmente ao corpo-de-prova.

- Exame e registro da leitura do instrumento e da forma de ruptura do corpo-de-prova: se no substrato (chapisco ou base), se na argamassa de revestimento ou na interface destas superfícies.

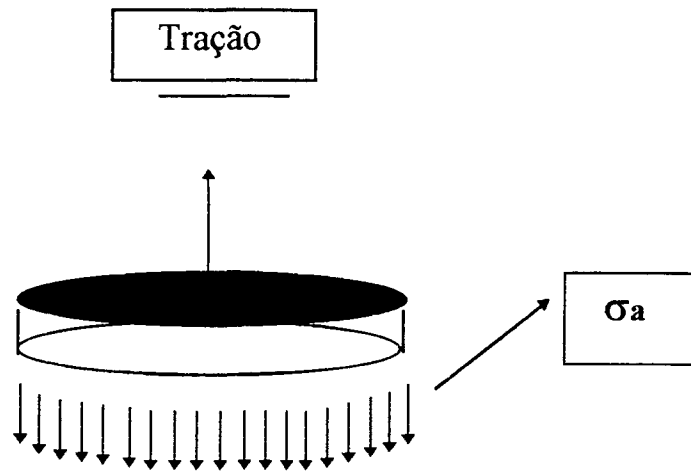


Figura 3.4: Representação esquemática da distribuição de tensões no ensaio de resistência de aderência à tração

Tabela 3.22: Resultados do ensaio de aderência à tração de revestimento, por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.

Ensaio: Argam. tipo	Aderência à tração valores médios de tensão - (MPa)	
	Placa	Bloco - T
A - (1:1:6)	0,30	0,39
B - (1:2:9)	0,16	0,29
C - (1:n:6)	0,24	0,35

Obs: Os componentes foram tratados com chapisco

Tabela 3.23: Resultados do ensaio de aderência à tração, em revestimento de argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.

Ensaio: Argam. A1	Aderência à tração valores médios de tensão - (MPa)	
	Bloco - T	Bloco - E
007 dias	0,15	0,09
014 dias	0,28	0,17
028 dias	0,34	0,24
063 dias	0,36	0,23
091 dias	0,32	0,28
119 dias	0,35	0,39

Obs: Os componentes foram tratados com chapisco

b) - Resistência mecânica de aderência ao cisalhamento:

Para determinação da resistência ao cisalhamento por torção, foi desenvolvido um mecanismo de ensaio que utiliza os mesmos princípios do equipamento descrito na norma RILEM MR-20, Fig 2.6.

Equipamento: O dispositivo usado para aplicar o esforço de torção, consiste de uma camisa metálica de 50 mm de diâmetro, onde foram feitos 4 cortes longitudinais, equidistantes, de 56 mm de comprimento, para a movimentação das abas, por compressão de uma braçadeira metálica ($\phi = 50$ mm), conforme Figura 3.6.

Como instrumento de medição, utilizou-se um torquímetro CARLSOM com capacidade até 9 N.m., para pequenos torques e outro de marca TORQUELEADER, com capacidade até 40 N.m., para leituras maiores. O acoplamento do instrumento de medida no dispositivo, foi feito através de um parafuso sextavado de aresta igual a 11 mm, soldado na camisa metálica.

Preparo dos corpos-de-prova e execução do ensaio: O preparo dos corpos-de-prova seguiu os mesmos procedimentos descritos no ensaio de aderência à tração (item 3.4.3.b) . A execução do ensaio teve as seguintes etapas:

- Medida da seção dos corpos-de-prova.
- colocação dos calços de plástico para proporcionar uma boa aderência das abas da camisa com as laterais da pastilha de argamassa.
- Introdução da camisa metálica no corte, até o contato com o substrato e aperto da braçadeira.
- Acoplamento do torquímetro e aplicação do torque de forma lenta e contínua, até a ruptura do corpo de prova.
- Exame e registro da leitura do instrumento e da forma de ruptura: se na argamassa de revestimento ou na interface argamassa/substrato.

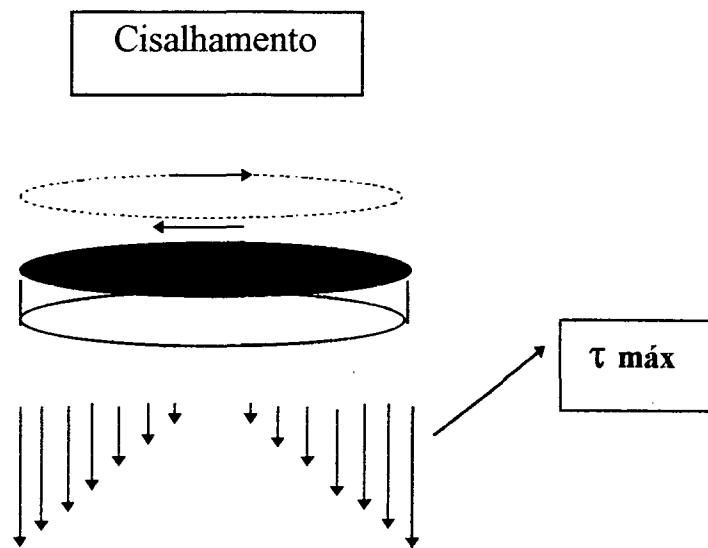


Figura 3.5: Representação esquemática da distribuição de tensões no ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento

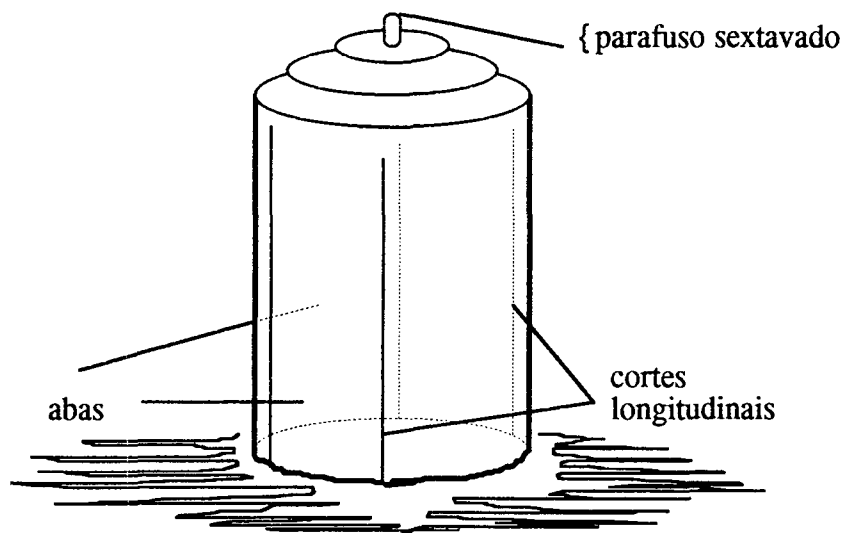


Figura 3.6: Esquema do dispositivo de torção

Cálculo dos resultados:

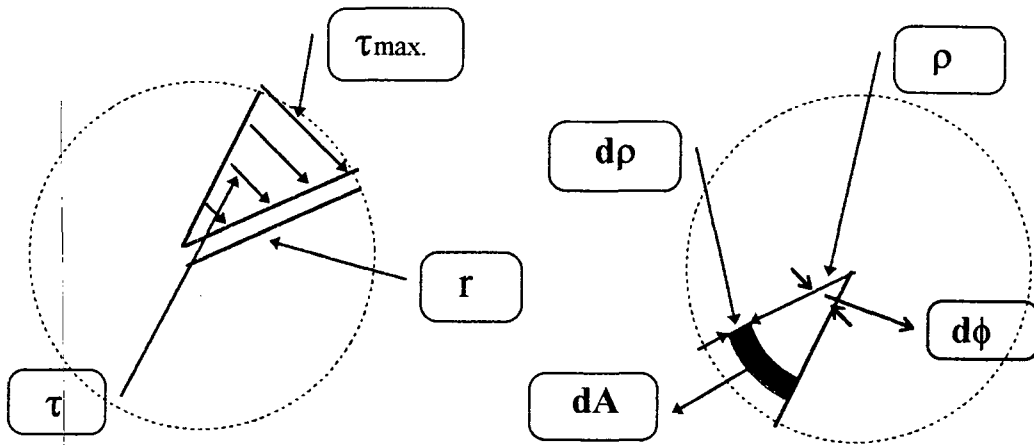


Figura 3.7: Esquema de variação da tensão de cisalhamento, em função do raio do corpo-de-prova.

Partindo do princípio que a tensão de cisalhamento é calculada em função do raio do corpo-de-prova, temos:

$$\tau(\rho) = (\tau_{\text{máx.}\rho})/r$$

$$Mt = \int_A dMt = \int_A \tau(\rho) \cdot \rho \, dA \quad \text{como: } dA = \rho \, d\phi, \quad \text{vem}$$

$$Mt = \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^r (\tau_{\text{máx.}\rho})/r \cdot \rho \cdot \rho \, d\rho$$

$$Mt = 2\pi \cdot \tau_{\text{máx}}/r \int_0^r \rho^3 \, d\rho \quad \text{resolvendo a integral, vem:}$$

$$Mt = 2\pi \cdot \tau_{\text{máx}}/r \cdot r^4/4$$

$$Mt = \tau_{\text{máx}}/r \cdot \pi r^4/2$$

$$\tau_{\text{máx}} = 2Mt/\pi r^3$$

- $\tau_{\text{máx}}$ - Tensão de cisalhamento máxima em (MPa)
 Mt - Momento torsor lido no instrumento em (N.mm)
 r - raio do corpo-de-prova do revestimento em (mm)

Tabela 3.24: Resultados do ensaio de aderência ao cisalhamento por torção, de revestimentos, por tipo de argamassa, aos 28 dias de idade.

Ensaio: Argam. tipo	Aderência ao cisalhamento valores médios de tensão máxima - (MPa)	
	Placa	Bloco - T
A - (1:1:6)	0,71	1,07
B - (1:2:9)	0,45	0,62
C - (1:n:6)	0,74	1,22

Obs: Os componentes foram tratados com chapisco

Tabela 3.25: Resultados do ensaio de aderência ao cisalhamento por torção, em revestimento de argamassa tipo A1 - (1:1:6), por idade do corpo-de-prova.

Ensaio: Argam. A1	Aderência ao cisalhamento valores médios de tensão máxima - (MPa)
	Bloco - T
007 dias	0,46
014 dias	0,72
028 dias	1,03
063 dias	1,00
091 dias	0,96
119 dias	0,94

Obs: Os componentes foram tratados com chapisco

IV ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO EXPERIMENTAL E CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas algumas correlações importantes entre propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido e do substrato com a resistência de aderência, assim como comenta-se sobre o comportamento de algumas propriedades do revestimento produzido a partir de argamassa com aditivo organo-sintético em substituição a cal.

Com base nos resultados dos ensaios, compara-se diversos procedimentos para avaliação da capacidade de absorção dos substratos em estudo e avalia-se a influência desta característica na aderência dos revestimentos.

No final do capítulo, comenta-se a evolução dos resultados de aderência ao longo do tempo de cura e faz-se uma análise sobre o método proposto para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por torção, correlacionando-se os valores médios obtidos nos dois métodos de ensaio de aderência em estudo.

4.1 Variação das propriedades das argamassas no estado fresco

a) Índice de consistência - Como pode ser observado na Tabela 4.1, as argamassas com maior teor de ar incorporado, tipos "C" e "B", foram consideradas de boa plasticidade, pelo aplicador, com menores medidas de consistência do que as argamassas tipo "A" e "A1".

Nos revestimentos com argamassa tipo "A", a resistência de aderência foi maior para a argamassa de menor medida de consistência pois o maior teor de água da argamassa tipo "A1" influenciou de forma negativa na resistência mecânica do revestimento. Com isto conclui-se que

a resistência de aderência do revestimento decresce com o aumento da relação água/cimento das argamassas.

Tabela. 4.1: Correlação entre os valores dos ensaios com argamassa fresca e os valores de resistência de aderência à tração do revestimento com idade de 28 dias.

Traços:	Índice de consist.	Retenção de água	Retenção de consist.	Teor de ar incorp.	Teor água	a/c	Blocos com chapisco
A - 1:1:6	275 mm	90,3 %	46 %	1,95 %	18,0	1,86	0,39
AI-1:1:6	295 mm	90,4 %	50 %	3,00 %	21,8	1,92	0,34
B - 1:2:9	259 mm	91,0 %	47 %	4,87 %	15,8	2,82	0,29
C - 1:n:6	257 mm	86,8 %	30 %	9,25 %	14,0	1,67	0,35

b) Retenção de água - Os resultados contidos na Tabela 4.1 demonstram que a propriedade de retenção de água melhora com o teor de cal na mistura quando as argamassas utilizadas são de médio à baixo consumo de aglomerante e que, isoladamente, não é um bom indicativo da resistência de aderência dos recobrimentos. A mistura contendo aditivo orgânico apresentou menor retenção de água comparativamente as misturas contendo cal.

c) Retenção de consistência - A argamassa com aditivo "C", quando em contato com uma superfície absorvente perde mais água e, em decorrência disto, tem menor retenção de consistência (Figura 4.1). A diferença entre os valores de retenção de consistência das argamassas "A" e "AI" é explicada pela influência, nos resultados finais, da medida de consistência inicial da argamassa.

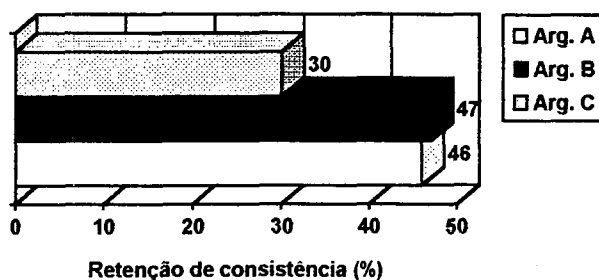


Figura 4.1: Retenção de consistência de argamassas (BS 4551).

d) Teor de ar incorporado - O aditivo utilizado na argamassa "C" agiu, fundamentalmente, pela incorporação de ar na argamassa (9,25 %). Este valor é 4,5 vezes maior que o observado na argamassa mista "A", cimento e cal hidratada de mesma proporção cimento:areia (1,95 %).

O elevado teor de ar incorporado pelas argamassas mistas de cimento-cal, interfere na aderência conforme descrito no item 2.2.4. Na argamassa com aditivo, tipo "C", o ganho de resistência pelo aumento da plasticidade sem elevar o teor de água, compensa o elevado teor de ar incorporado, proporcionando bons resultados de aderência.

e) Adesão inicial - Após a obtenção dos resultados de adesão inicial descritos na Tabela 3.21, concluiu-se que:

- A adesividade instantânea não é função apenas de um efeito mecânico de ancoragem como afirma Addleson (1976), citado por SELMO (1989) pois, no teste realizado, as medidas de "molhar a base e permanecer úmida durante o espalhamento" (item 2.2.1) foram garantidas e mesmo assim, para as bases sem chapisco, a adesão inicial não foi satisfatória. Por isso, as forças de atração física entre as duas superfícies parecem ser mais significativas.

- As forças de interação hídrica entre as duas superfícies, função da quantidade de poros capilarmente ativos da base, são responsáveis pela adesão física instantânea entre a argamassa e o substrato.

- A base de blocos cerâmicos permite uma melhor adesividade instantânea da argamassa fresca devido possuir quase que a totalidade dos seus poros capilares ativos, enquanto que os blocos de concreto, apesar de sua alta porosidade e absorção, possuem somente a metade dos poros ativos, como demonstrado por GALLEGOS (1995).

- Considerando os comentários feitos no item 3.2, recomenda-se que antes da aplicação do revestimento deve-se fazer uma pré-avaliação da composição e espessura da argamassa e das características da base necessárias á uma adesão inicial satisfatória, assegurando um melhor

desempenho na fase de construção (trabalhabilidade) e na fase de uso do revestimento (resistência e durabilidade da aderência).

4.2 Variação das propriedades dos corpos-de-prova da argamassa endurecida

4.2.1 Resistências à compressão e à tração

Conforme justificativa descrita no item 2.3.1, os ensaios de resistência à compressão e à tração representam a resistência mecânica da argamassa e os valores médios estão inclusos nas Tabelas 4.2 e 4.3.

A resistência à tração e a compressão decrescem com o aumento da relação agregado/cimento e com a substituição da cal por aditivo incorporador de ar (Tabela 4.2). A alta incorporação de ar da argamassa tipo "C" não diminuiu muito a sua resistência mecânica pois uma boa trabalhabilidade da argamassa foi conseguida com um menor consumo de água, assim como uma redução do índice de vazios (Tabela 3.9).

Tabela 4.2: Correlação entre os resultados de resistência mecânica e aderência.

Ensaio:	Resistência mecânica em (MPa)		Aderência a tração em (MPa)		Ader. ao cisalh. em (MPa)	
	Compressão	Tração	Blocos -T	Placas	Blocos - T	Placas
A - 1:1:6	4,33	0,54	0,39	0,30	1,07	0,71
C - 1:n:6	3,43	0,45	0,35	0,24	1,22	0,74
B - 1:2:9	2,34	0,30	0,29	0,16	0,62	0,45

A Figura 4.2 mostra a resistência à compressão e à tração das argamassas aos 28 dias de idade. A argamassa "C", com aditivo, apresentou menor resistência mecânica do que a argamassa "A" de mesma proporção cimento:areia, embora tenha um maior consumo de cimento por m³ de argamassa.

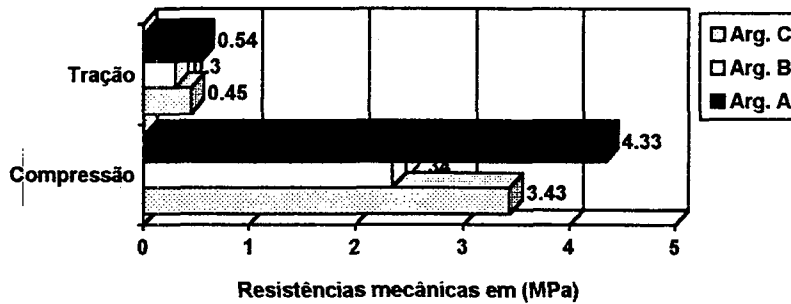


Figura 4.2: Resistência mecânica à compressão e à tração de argamassas.

Tabela 4.3: Correlação entre a evolução dos resultados de resistência mecânica e a evolução dos resultados de aderência, obtidos com argamassa traço "A1" (1:1:6).

Ensaio:	Resistência mecânica em (MPa)		Aderência à tração em (MPa)		Aderência ao cisalhamento em (MPa)
	Compressão	Tração	Blocos "T"	Blocos "E"	Blocos "T"
Idade					
7	2,65	0,33	0,15	0,09	0,46
14	2,96	0,42	0,28	0,17	0,72
28	3,93	0,55	0,34	0,24	1,03
63	5,18	0,55	0,36	0,23	1,00
91	5,67	0,76	0,32	0,28	0,96
119	6,69	0,70	0,35	0,39	0,94

Analisando-se as Tabelas 4.2 e 4.3, observa-se que: A resistência de aderência, tanto à tração como ao cisalhamento acompanham o crescimento da resistência mecânica da argamassa até a idade de 28 dias. Nas demais idades de cura a resistência de aderência permanece sem grandes alterações.

4.2.2 Módulo de deformação estática

Na Fig. 4.3 observa-se que o valor médio do módulo de elasticidade da argamassa com cal (tipo "A") e da argamassa com aditivo (tipo "C") são aproximados, ligeiramente maior para a

argamassa com cal. A argamassa "B", de menor resistência mecânica e maior consumo de cal, possui o menor valor de módulo de elasticidade.

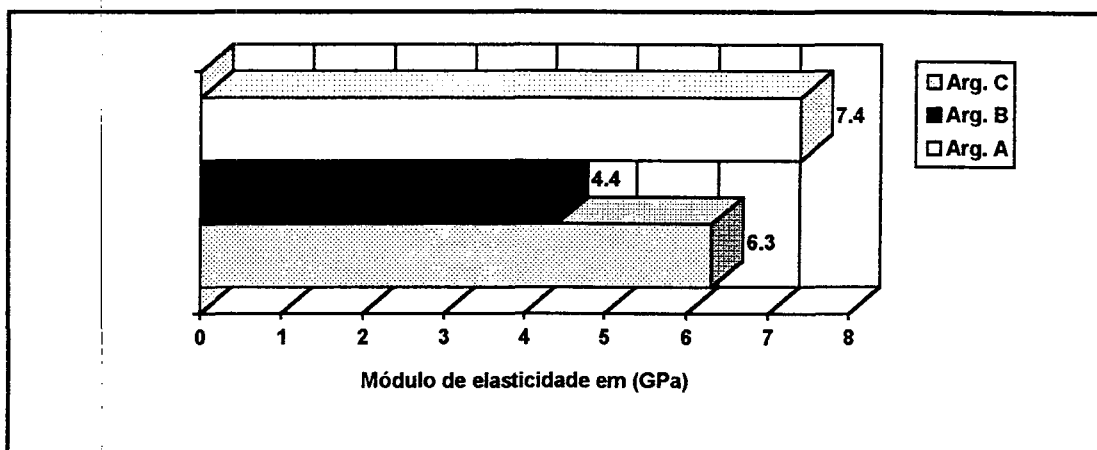


Figura 4.3: Módulo de elasticidade de argamassas

Quanto a influência do traço no módulo de elasticidade da argamassa, conclui-se que a presença da cal torna o revestimento endurecido mais deformável. O menor valor de módulo de elasticidade da argamassa tipo "C" em relação a argamassa tipo "A", de mesma proporção cimento:areia, é explicado pelo percentual de ar incorporado pelo aditivo de base organo-sintética (ver Tabelas. 4.2 e 4.4).

Tabela 4.4: Correlação entre os resultados médios de módulo de deformação estática e resistência mecânica de aderência (idade 28 dias).

Ensaio: Argam. tipo	Módulo de deformação em (GPa)	Aderência a tração em (MPa)		Aderência ao cisalhamento em (MPa)	
		Blocos	Placas	Blocos	Placas
A - 1:1:6	7,4	0,39	0,30	1,07	0,71
C - 1:n:6	6,3	0,35	0,24	1,22	0,74
B - 1:2:9	4,4	0,29	0,16	0,62	0,45

Os valores do módulo de deformação estática da argamassa crescem com a resistência mecânica e, por conseguinte, com a idade do revestimento. No entanto os valores do módulo de elasticidade das argamassas "A" e "A1", na idade de 28 dias, não obedeceram a regra. Atribuiu-se este fato ao coeficiente de variação inerente ao procedimento de ensaio desenvolvido.

Tabela 4.5: Correlação entre a evolução dos resultados de módulo de deformação estática e a evolução dos resultados de aderência, obtidos com argamassa traço "A1" (1:1:6).

Ensaio	Módulo de deformação em (GPa)	Aderência à tração em (MPa)		Aderência ao cisalh. em (MPa)
		Blocos "T"	Blocos "E"	Blocos "T"
7	7,3	0,15	0,09	0,46
14	7,9	0,28	0,17	0,72
28	8,5	0,34	0,24	1,03
63	9,8	0,36	0,23	1,00
91	10,9	0,32	0,28	0,96
119	11,3	0,35	0,39	0,94

4.3 Variação das propriedades dos corpos-de-prova do substrato

4.3.1 Índice de absorção de água inicial

Método do IRA: Pelos resultados obtidos nos demais procedimentos de ensaio, pode-se constatar que o ensaio de absorção de água capilar inicial (IRA), que normalmente define o potencial de aderência de componentes cerâmicos de alvenaria, não tem valor indicativo para os substratos de concreto pois observa-se facilmente na Tab. 3.16 que a proporção entre os valores de sucção obtidos para os blocos em contato com a água livre é bem diferente da proporção entre os valores obtidos para os componentes em presença do revestimento (Tab. 3.20), onde a sucção foi medida em relação à água vinculada à argamassa.

GALLEGOS (1995) comenta que os valores de sucção para blocos de concreto estão no intervalo de 20 à 50g. (ver item 2.4.2-c). Na Tabela 3.16, observa-se que os valores de sucção pelo método do IRA estão bem acima do intervalo citado, pois a maior parte da água absorvida pelos blocos de concreto é água livre, a qual deveria sair, por gravidade, antes de efetuar-se o peso do bloco úmido. Porém, para efeito de comparação, considerou-se os resultados válidos

Para os substratos estudados, o método do IRA apresentou resultados menos variáveis que o método do Cachimbo (Tabela 4.6), porém mostra os blocos chapiscados como os mais absorventes, contrariando os resultados dos demais procedimentos (Tabela 4.7). Para confirmar essa observação, foi executado o IRA no bloco tipo "E" com chapisco, onde foi obtido um resultado médio de 129 (g), também superior. Pode-se atribuir este fato à uniformidade de absorção e a dificuldade que o chapisco oferece para a saída da água livre após a retirada do tanque.

Método do Cachimbo: Este ensaio, além de sua portabilidade, demonstrou uma melhor correlação com os procedimentos para avaliação da absorção do componente em contato com a argamassa (Tabela 4.7), apesar do alto coeficiente de variação nos substratos chapiscados (Tabela 4.6).

Para substratos muito porosos (blocos de concreto), foi necessário mudar o padrão de medida do ensaio normalizado (min./4ml), para (seg./21ml), conforme descrito no item 3.4.2-a2.

Tabela 4.6: Valores médios obtidos nos ensaios normalizados de absorção inicial

Ensaio Substrato	IRA (g)	D.Pad (g)	Coef. de var. (%)	n	Cachimbo	D.Pad	Coef. de Var. (%)	n
Placas c/c	19	2,85	14,74	4	3 (ml/15 min.)	1,92	72,60	16
Blocos "T" c/c	122	16,10	13,16	8	74 (seg./21ml)		97,46	16
Blocos "E" c/c	129	9,11	7,04	4				
Blocos "T" s/c	96	9,32	9,74	8	27 (seg./21ml)	12,16	45,20	20
Blocos "E" s/c	120	8,36	8,36	5	8 (seg./21ml)	3,14	37,12	20

c/c - com chapisco s/c - sem chapisco n - tamanho da amostra

Tabela 4.7: Valores médios de aderência e procedimentos p/avaliação da absorção inicial.

Ensaio: Substratos	Aderência (MPa)	IRA (g)	Cachimbo	R.C. (%)	Perda de água (%)	C.R.A. (%)
Placas c/c	0,30	19	3 (ml/15 min.)	77	0,86	4,04
Blocos "T" c/c	0,39	122	74 (seg./21ml)	74	0,91	4,41
Blocos "E" c/c	0,24	129				
Blocos "T" s/c	0,23	96	27 (seg./21ml)	72	1,18	5,87
Blocos "E" s/c	0,10	120	8 (seg./21ml)	68	1,75	7,29

Obs: R.C. - Retenção de Consistência C.R.A. - Capacidade de Retenção de Água

4.3.2 Capacidade de absorção inicial da base através da perda de água da argamassa

Método da retenção de consistência em Mesa ABNT: Este procedimento não se mostrou adequado para avaliar a capacidade de absorção do substrato pois, apesar do máximo cuidado no controle do processo, os resultados de consistência obtidos na Mesa ABNT (NBR 7215) foram bastante dispersos e possuem grande dependência da consistência inicial da argamassa, definida como sendo a consistência da argamassa medida logo após o término da mistura.

RYDER (1963), em seu trabalho para estudar a influência da retenção de água e sucção do tijolo na aderência das argamassas de assentamento, utilizou o método da BSI (BS 4551) "Consistence retention by dropping ball", que consiste na medida da profundidade atingida por uma esfera padronizada ao cair sobre a superfície da argamassa, antes e após seu contato com o substrato. Talvez, utilizando-se este procedimento para avaliação da retenção de consistência, obtenha-se melhores resultados, independentes da consistência inicial da argamassa, definida como sendo a consistência da argamassa medida logo após o término da mistura. Infelizmente não houve condições de testar este método durante a execução do trabalho.

Perda de água total por secagem: Este método consegue, de forma comparativa, detectar que superfícies bastante porosas tem uma boa capacidade de absorção, mesmo em bases revestidas com argamassas de alto poder de retenção de água e classifica os substratos em ordem de absorção (Tabela 3.19).

Método da retenção de água: Descrito no item 3.4.2-b3, é o processo que melhor avalia a capacidade de absorção inicial de substratos porosos de concreto. Baseado no ensaio MR-4 da RILEM, mede o fluxo de água da argamassa para o substrato nos primeiros dois minutos de contato. Entretanto, no entender do autor, este tempo deve ser ampliado para 15 minutos, julgado suficiente para que o fluxo de água entre a argamassa e a unidade de concreto possa estar finalizado.

Este procedimento demonstrou ser uma alternativa válida para observar o comportamento das argamassas de revestimento em relação a base no que se refere à perda de água inicial e identifica as superfícies de maior taxa de absorção inicial (Tabela 3.20).

4.3.3 Efeito da absorção inicial do substrato na resistência de aderência

Visualmente o bloco tipo “E”, de textura mais aberta, parece proporcionar uma melhor aderência que o bloco tipo “T”. Porém, pelos resultados obtidos (Tab. 4.7), conclui-se que em bases muito porosas, com alta taxa de absorção inicial, parte da água de amassamento da argamassa, absorvida pelos poros capilares inativos, não contribui para a aderência.

Transcorrido certo tempo, se dá o endurecimento por hidratação do aglomerante e os precipitados (géis silícicos e hidróxido de cálcio) exercem uma ação de raízes longas porém fracas, o que é prejudicial à aderência. Na Tabela 4.7 observa-se que a alta absorção dos blocos “T” e “E” juntamente com a ausência do chapisco, colaboraram para que os valores de aderência ficassem abaixo do limite especificado pela norma.

Ao comparar-se os substratos chapiscados (placas e blocos tipo “T”), constatou-se que o valor máximo de aderência ocorreu dentro do intervalo de absorção definido pelos componentes. Assim, conclui-se que, em substratos de concreto, somente uma conjugação entre as características do substrato, textura e absorção, promove a aderência (ver Tabela 4.7 e Fig. 4.5).

Na Fig. 4.4 observa-se que o tratamento com chapisco melhorou os valores de aderência nos blocos mas não impediu que a capacidade de absorção inicial do bloco "E" influenciasse negativamente na aderência.

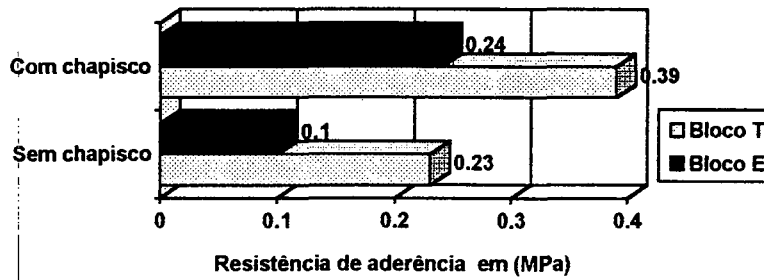


Figura 4.4: Influência do chapisco na resistência de aderência de argamassas aplicadas sobre blocos de concreto.

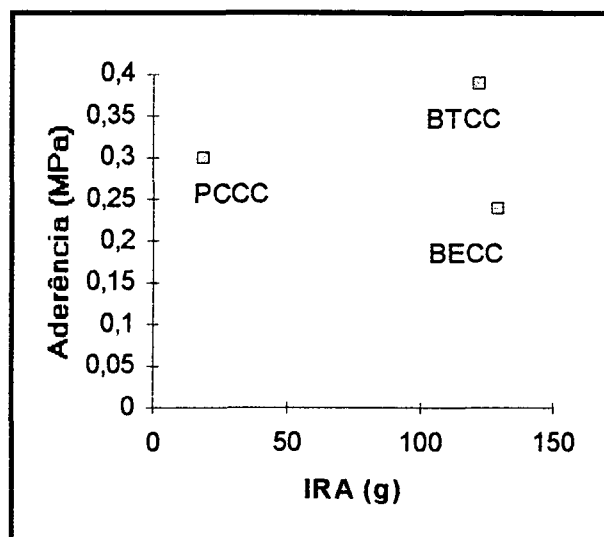


Figura 4.5: Relação entre Aderência do revestimento e a sucção das bases com chapisco. Obs : BTCC - Blocos tipo "T" com chap BECC - Blocos tipo "E" com chapisco
PCCC - Placas de concreto com chapisco

4.4 Variação das propriedades dos corpos-de-prova do revestimento

4.4.1 Resistência de aderência à tração e ao cisalhamento

Os resultados médios de resistência de aderência obtidos no trabalho, para argamassas de traços 1:1:6 e 1:2:9, em bases de concreto, foram inferiores aos valores médios obtidos por SELMO (1995), com argamassas de traços e substratos similares. Isto ocorreu em virtude de ter-se utilizado os traços em volume com agregado seco, enquanto que a autora citada trabalhou com proporções em volume e agregado úmido, obtendo traços mais ricos em aglomerante.

Constatou-se que os traços padrões (1:1:6) e (1:2:9) de cimento, cal e areia, especificados por diversas normas como apropriados para revestimentos argamassados, devem ser compostos em volume considerando o agregado úmido.

Nos ensaios de resistência de aderência foram identificadas algumas formas de ruptura que, de acordo com o Projeto de norma 02:102.17-003 (CB 02, ABNT), são assim classificadas:

- [a] - Ruptura na interface argamassa de revestimento/substrato.
- [b] - Ruptura na argamassa de revestimento.
- [d] - Ruptura na interface argamassa de revestimento/cola.

Conforme demonstrado por CARASEK & SELMO (1993), existe um efeito significativo da forma de ruptura nos valores de aderência. Assim, adotou-se calcular a média dos resultados somente dentro dos grupos com o mesmo tipo de ruptura, como pode-se constatar nas tabelas-resumo dos anexos II e III.

Na Tabela III-a, nota-se que, no traço tipo "B", há maior evidência de ruptura na argamassa de revestimento quando comparado aos outros traços, como consequência da menor resistência mecânica à tração do que à aderência, o que não ocorreu nas primeiras idades da argamassa de

traço “A1”, porque, neste caso, o desenvolvimento da resistência de aderência do revestimento foi mais lento do que a evolução da resistência mecânica da argamassa.

Correlações entre os métodos de ensaio: No ensaio de resistência de aderência à tração, 45 % dos valores não participaram do cálculo das médias. O alto número de rompimentos na interface revestimento/cola, contribuindo com 21,7 %, demonstra o alto índice de perdas neste tipo de ensaio. O percentual de valores desprezados por problemas de ordem executiva foi considerado normal (Figura 4.6).

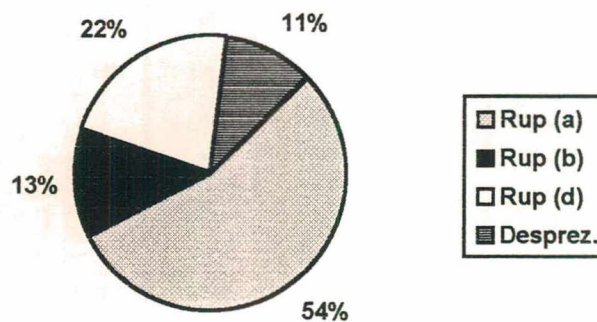


Figura 4.6: Percentuais de formas de ruptura incidentes nos ensaios de aderência à tração.

O método de avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento, por não ter o “ponto frágil” (representado pela forma de ruptura na interface revestimento/cola), teve maior porcentagem de rompimentos na interface revestimento/substrato (Figura 4.7), porém apresentou um percentual de ruptura mais elevado na argamassa de revestimento (16,7%) em comparação com o ensaio de aderência à tração (12,8%).

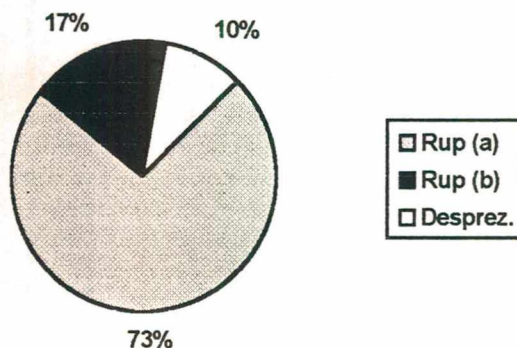


Figura 4.7: Percentuais de formas de ruptura incidentes no método de avaliação da aderência ao cisalhamento.

Outro dado que depõe a favor do método proposto de avaliação da aderência ao cisalhamento é o menor coeficiente de variação na maioria das amostras ensaiadas em relação aos percentuais verificados nos ensaios de aderência à tração, conforme pode ser observado nas tabelas do anexo II.

Tratamento estatístico dos dados: Conforme tratamento estatístico das amostras, descrito no anexo II, conclui-se que, devido o número de perdas e do alto coeficiente de variação nos valores do ensaio de resistência de aderência à tração, as amostras não foram suficientemente grandes do ponto de vista estatístico.

No ensaio de resistência ao cisalhamento por torção o tamanho da amostra foi considerado aceitável pois a grande maioria dos valores de coeficiente de variação não atingiram 25 %, percentual aceito em trabalhos estatísticos de experimentos com número elevado de variáveis intervenientes. Como as amostras não foram consideradas distribuições normais pelo teste Kolmogorov-Smirnov, não foi possível determinar o tamanho mínimo da amostra.

Análise e discussão dos resultados de aderência à tração e ao cisalhamento: Com base nos resultados de aderência pelos dois métodos, pode-se concluir que a argamassa tipo “A” teve o melhor desempenho, sendo que a argamassa tipo “C” (com aditivo) demonstrou um desempenho

aceitável. A argamassa tipo "B" não proporcionou bons resultados de aderência à tração, ficando abaixo do limite mínimo estabelecido por norma.

Para um revestimento endurecido à base de ligantes hidráulicos, quanto maior for o teor de ar incorporado, menor será a sua massa volumétrica aparente, diminuindo a resistência mecânica à compressão e de aderência, o que explica os menores valores de aderência à tração nos revestimentos com argamassa de traço "C" em relação aos revestimentos com argamassa de traço "A".

A Figura 4.8 resume os resultados de aderência sobre blocos "T" e placas de concreto com chapisco. De maneira geral, a substituição da cal por aditivo afetou negativamente a aderência à tração e positivamente a aderência ao cisalhamento. Os valores de resistência de aderência ao cisalhamento são valores máximos, conforme demonstrado na Figura 3.5, por isso são bastante superiores aos valores de resistência à tração.

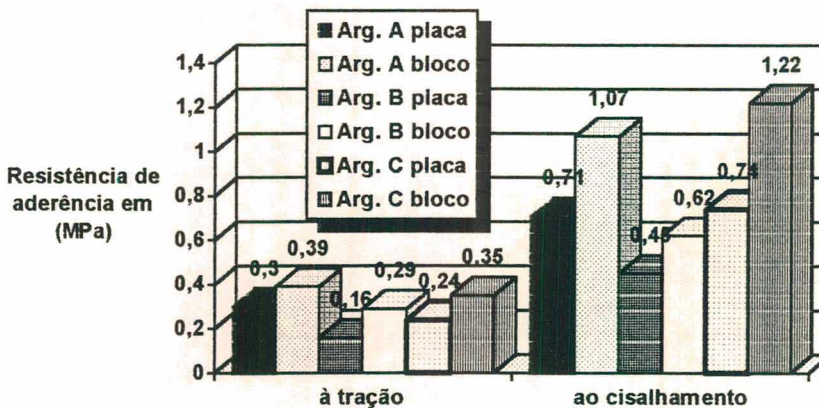


Figura 4.8: Resistências de aderência à tração e ao cisalhamento sobre blocos e placas de concreto com chapisco (idade - 28 dias).

Observando a Tabela 4.9, constata-se que os valores de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento possuem um crescimento entre as idades de 7 até 28 dias. Nas demais idades não há mudanças significativas nos resultados a não ser o valor de aderência à tração, na idade de 119 dias, no bloco "E", o qual foi considerado uma exceção.

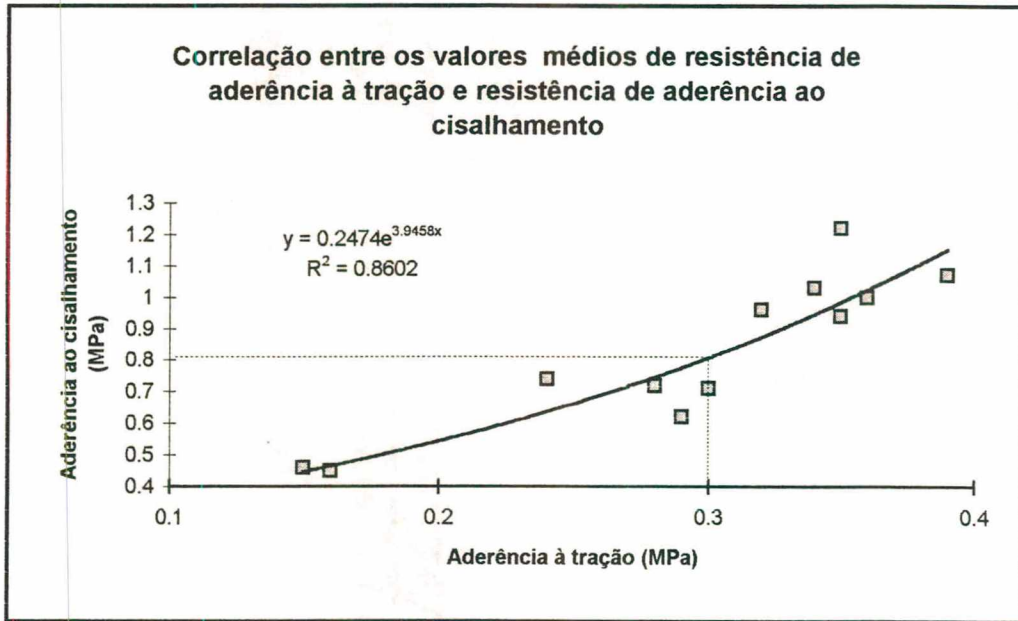


Figura 4.9: Curva e equação de correlação entre os valores médios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento.

O gráfico da Fig. 4.9 foi obtido a partir dos valores de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento na interface de ruptura do revestimento com a superfície das placas e blocos “T” contidos nas Tabelas. 4.2 e 4.3. Os dados da curva demonstram que existe uma correlação razoável entre os dois métodos de ensaio e sugeriu-se um parâmetro de 0,8 Mpa, como valor limite mínimo para resistência de aderência ao cisalhamento por torção, em corpos-de-prova com idade de 28 dias, uma vez que, para a resistência de aderência à tração, a norma estabelece um valor médio em torno de 0,3 Mpa, conforme o tipo de acabamento (ver Tabela. 2.7).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1 Considerações finais

Ao iniciar-se as considerações finais sobre este trabalho, conclui-se que, por ser a aderência entre a argamassa e o substrato de natureza mecânica, deve-se procurar obter tanto a resistência de aderência, definida pela quantidade, penetração, grau de hidratação e engaste do material aglomerante nos poros e rugosidades da base como a extensão da área de contato das superfícies, controlada pela plasticidade e qualidade da mão de obra, otimizando-se a aderência até valores máximos de dimensão igual ou superior ao limite estabelecidos por norma.

Como previsto, a influência da plasticidade, retentividade e adesão inicial da argamassa fresca, a resistência mecânica da argamassa endurecida, absorção de água capilar e textura do substrato e a preparação da mão de obra, na aderência dos revestimentos argamassados em substratos de concreto, é notória.

O conhecimento e a avaliação das propriedades físico-mecânicas das argamassas no estado fresco e endurecido são fundamentais mas não suficientes para assegurar máximos valores de aderência entre as superfícies, são necessárias informações sobre as características e propriedades da base, sobretudo à respeito do conteúdo e estrutura dos poros e do comportamento da interface, adesivo e aderente, durante o contato inicial.

Não foram anotados inconvenientes à respeito do uso do aditivo organo-sintético, como substituto da cal no preparo, aplicação e cura de revestimentos argamassados, possuindo valores um pouco inferiores ao traço de mesma proporção de cimento:cal:areia. Não foi, contudo, estudada a evolução da resistência de aderência com argamassas aditivadas.

O desempenho e a conseqüente viabilidade do revestimento de argamassas como solução na construção civil dependem basicamente da resistência mecânica de aderência. No entanto não podemos esquecer que as condições ambientais adversas e as solicitações internas e externas que podem atuar na interface influem também na vida útil do revestimento.

A garantia da durabilidade de um recobrimento argamassado será conseguida na medida em que se puder avaliar apropriadamente e previamente o meio ao qual o revestimento vai ficar exposto e se projetar argamassas com módulo de elasticidade e resistência de aderência compatíveis com as deformações impostas aos painéis revestidos de vedação, especialmente os estruturais.

Devido à proximidade dos valores das resistências de aderência aos 28 dias e ao longo das idades acima desta, conclui-se que, já nesta idade, para o caso do cimento comum, é possível mensurar esta propriedade, estando de acordo com as normas já existentes, para conformidade e controle da qualidade do produto.

Conclui-se pela validade do método proposto como um método alternativo para avaliação da resistência de aderência ao cisalhamento por torção pela consistência dos seus resultados, boa correlação com os valores de aderência à tração, pelo razoável coeficiente de variação dos seus resultados, baixo custo e portabilidade, permitindo a realização do ensaio em qualquer lugar da edificação.

Finalmente enfatiza-se que buscar o melhor desempenho para a aderência dos revestimentos de argamassas mistas de cal-cimento sobre bases de concreto é preocupar-se com um conjunto de procedimentos:

Quanto à argamassa:

- deve ser facilmente trabalhável, de consistência e plasticidade adequadas a fim de proporcionar qualidade e economia na aplicação.

- é necessário possuir uma boa retenção de água para combater a sede de bases muito absorventes e garantir a hidratação dos aglomerantes.
- precisa endurecer rápido, o suficiente para evitar algum atraso na produção; desenvolver resistência ao uso a que se destina.
- deve ter adesão inicial satisfatória, que facilite sua aplicação e proporcione máxima extensão de aderência.
- precisa ser durável e não afetar a durabilidade dos materiais envolvidos.

Quanto ao substrato:

- deve ter mais do que 60% de poros capilares eficientes e/ou rugosidade que permita a fixação, na base, dos cristais do aglomerante hidratado.

5.2 Recomendações para futuros trabalhos

Para futuros trabalhos, sugeri-se que seja investigada a resistência de aderência ao cisalhamento e evolução dessa propriedade ao longo do tempo para argamassas mistas de cimento-cal, com aditivo organo-sintético ou saibro, em bases de tijolo cerâmico, com o objetivo de testar a correlação entre a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento.

Propõe-se, também, um estudo de adesão inicial de substratos, mais especificamente dos blocos pré-moldados de concreto, a partir de argamassas mistas com diferentes traços, utilizando-se diversas espessuras de revestimento e substratos com diferentes espectros de poros capilares.

Recomenda-se avaliar a influência das mudanças cíclicas de temperatura e volume da camada de revestimento na durabilidade da aderência, através da transformação desses esforços em tensão de cisalhamento, por cálculos matemáticos, que levem em consideração as propriedades de deformação térmica e por umidificação dos materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 926-86 Specification for application of portland cement- based plaster. In: Annual Book of ASTM Standards, Easton, ASTM, 1987, v.04.01, p. 567-77.
- ASTM C 67-86 Standard methods of sampling and testing brick and structural clay tile In: Annual Book of ASTM Standards. Easton, ASTM, 1987, v.04.05, p. 56-7.
- AZEREDO, Hélio Alves. Dosagens das argamassas empregadas na construção de edifícios. São Paulo, EPUSP, 1978, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil), CPGECC/Escola Politécnica da USP.
- BAUER, Roberto José Falcão. Falhas em revestimentos - Parte I. In. Seminário sobre argamassas industrializadas: usos e desempenhos, ABNT - COBRACOM, São Paulo, 1993.
- BOYNTON, R. S.; GUTSCHICK, K. A. Aderência de argamassas a elementos de alvenaria. Fatores que influenciam a resistência, extensão e durabilidade da aderência. Tradução IPT-ABCP, Masonry Mortar Technical Notes N° 3, National Lime Association, set. 1964.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 5262 External rendered finishes. London, BSI, 1976. 21p. (Code of Practice 221).
- BS 4551 Methods of testing mortars, screeds and plasters. London, BSI, 1980, 31p.
- BUCHER, Hans Roman Edmundo. Argamassas de cimento - Características e composição, ABCP, São Paulo, 1988
- CARASEK, Helena; DJANIKIAN, João Gaspar. Avaliação da trabalhabilidade para argamassas de assentamento e revestimento. In: Congresso Brasileiro de Cimento, ABCP, São Paulo, 1993. Anais p.407-426.
- CARASEK, Helena. Ensaio de aderência para revestimentos de argamassa. In: XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, 1991, Anais. v.4, p.265-274.

- ¹⁶ CARASEK, Helena; SELMO, Sílvia M.S. O método de ensaio de determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa - a normalização pela ABNT. In. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, EPUSP/ANTAC, São Paulo, 1993. v.1, p.261-270.
- ¹⁷ CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira. Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia -sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre. Porto Alegre, UFRGS, 1993, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - CPGEC/ Escola de Engenharia da UFRGS.
- ¹⁸ CASTRO, Egon Katz de. Aditivos para argamassas. In Seminário sobre aditivos para concreto e argamassa, IBRACON, Rio de Janeiro, 1988.
- ¹⁹ CENTRE CIENTIFIQUE ET TENHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Hydrofuges de surface - choix et mise en geuvre. Bruxelles, CSTC, fev.1982 b. (Note d'information technique 140). p.23
- CINCOTTO, Maria Alba. Patologia das argamassas de revestimento: Análise e recomendações. 2.ed. São Paulo, IPT, 1989, (publicação n. 1801).
- CINCOTTO M. A., MARQUES J. C. & HELENE P. R. L. Propriedades das argamassas cimento : cal : areia. In Seminário sobre argamassas, IBRACON, São Paulo, Jul 1985.
- ²⁰ COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CB-02, CE-102.17, PROJETO 02:102.17-001. Revestimento de paredes e/ou tetos em argamassas inorgânicas - Especificação, ABNT, Rio de Janeiro, Março/1995.
- ²¹ -----PROJETO 02:102.17-002. (Revisão NBR 7200) Revestimento de paredes e tetos em argamassas. Materiais, Preparo, Aplicação e Manutenção - Procedimento, ABNT, Rio de Janeiro, Março/1995.
- PROJETO 02:102.17-003. Revestimento de argamassas inorgânicas de paredes e tetos - Determinação da resistência de aderência à tração, ABNT, Rio de Janeiro, Março/1995.
- PROJETO 02:102.17-004. Revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas - Terminologia, ABNT, Rio de Janeiro, Março/1995.

- PROJETO 02:102.17-005. Projeto de revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas - Procedimento, ABNT, Rio de Janeiro, Março/1995.
- FIORITO, Antonio J. S. I., Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução de execução, São Paulo, Pini, 1994.
- FLAUZINO, W. Dias. Durabilidade de materiais e componentes nas edificações: metodologia e suas aplicações nos casos. São Paulo, EPUSP, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil), CPGECC/Escola Politécnica da USP.
- GALEMBECK, Fernando. Adesão de superfícies. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, SBPC, v.4, n.19 p.26-31, jul./ago. 1985.
- GALLEGOS, Hector. Adhesion entre el mortero y las unidades de albañileria. 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995. Anais UFG/ANTAC, p.117-132.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 05732 - Cimento Portland comum - Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1988.
- NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural - Especificação, Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 6473 - Cal virgem e cal hidratada - Análise química - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1985.
- NBR 6474 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- NBR 7175 - Cal hidratada para argamassas - Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7184 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da resistência à compressão- Método de ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1991.

-
- NBR 7217 - Determinação da composição granulométrica dos agregados - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7218 - Determinação do teor de argila em torrões nos agregados - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7219 - Determinação do teor de material pulverulento nos agregados - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- NBR 7220 - Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7222 - Argamassas e concretos - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- NBR 7251 - Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 8522 - Concreto - Determinação do módulo de deformação estática e diagrama - tensão-deformação - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- NBR 9205 - Cal hidratada para argamassas - Determinação da estabilidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1985.
- NBR 9289 - Cal hidratada para argamassas - Determinação da finura - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
- NBR 9290 - Cal hidratada para argamassas - Determinação da retenção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
- NBR 9776 - Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de Frasco de Chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 198
- NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e Massa específica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

- NBR 12118 - Blocos vazados de concreto simples - Determinação da absorção de água, teor de umidade e área líquida - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991
- NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira nº 200 - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.
- NBR 13277 - Argamassa - Determinação da retenção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- NBR 13278 - Argamassa - Determinação da massa por unidade de volume e do teor de ar incorporado - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- NBR 13279 - Argamassa - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES - RILEM. MR-3 The complex workability - Consistence - Plasticity. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-4: Water-Retention Capacity of Mortars; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-5 Initial adhesion of mortars; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-11 Determination of mortar consistence using the flow table; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-14 Determination of the bond of renderings by shear tests; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-20 Determination of the bond strength of renderings by torsion tests; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
- MR-21 Determination of the bond strength between bricks and mortar (direct pull-test); Testing methods of mortars and renderings. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.

- JOHN, V. M.; GUIMARÃES, J. E. P.; RAGO, F. Desempenho de argamassas mistas e com aditivos orgânicos. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, EPUSP/ANTAC, São Paulo, 1993. Anais v.1, p.271-280.
- JOISEL, Albert. Fissuras y grietas en morteros y ormigones; sus causas y remedios. 5. ed. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1981. p.15-65, p.92-94.
- MARTINELLI, Frederico Augusto. Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. Estudo sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa sobre paredes de alvenaria. In: International Seminar on Structural Masonry for developing countries, 5th, Florianópolis, 1994, Anais, UFSC/ANTAC, p.594-607.
- MOLINARI, Gilberto. Algumas recomendações para evitar descolamentos da argamassa de cal das alvenarias de tijolos. Engenharia, p. 99-102, out. 1958. São Paulo, 1958.
- MURRAY, I. H. The adhesion of cementitious render to a brick background. Garston, Building Research Establishment, Aug. 1983. p. 1 - 22.
- PIANCA, J. B. Manual do construtor. Porto Alegre, Ed. Globo, 1967, v.1, p.198.
- RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. A reologia da pasta de cimento e a influência da cal. 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995. Anais UFG/ANTAC, p.25-32.
- RYDER, J. F. The use of small brickwork panels for testing mortars. British Ceramic Society. London, Aug. 1963. Vol. 62, No 8, p.615-629.
- SABBATINI, Fernando Henrique. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas. In 13o. Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. São Paulo, 1990.
- SELMO, Silvia Maria de Souza. Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada dos edificios. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.

ANEXO - I

LEGENDA

- Momento torsor lido no torquímetro em N.mm - Ruptura na interface argamassa de revestimento/substrato (placa ou bloco) [a]
- Momento torsor lido no torquímetro em N.mm - Ruptura na argamassa de revestimento [b]
- ◐ Resistência de aderência à tração em MPa - Ruptura na interface argamassa de revestimento/substrato (placa ou bloco) [a]
- ◑ Resistência de aderência à tração em MPa - Ruptura na argamassa de revestimento [b]
- Resistência de aderência à tração em MPa - Ruptura na interface argamassa de revestimento/cola [d]
- Corpo de prova desprezado por questão executiva

Observações

* Adotou-se o critério de considerar o tipo de ruptura cuja área de incidência no corpo-de-prova fosse superior a 50%

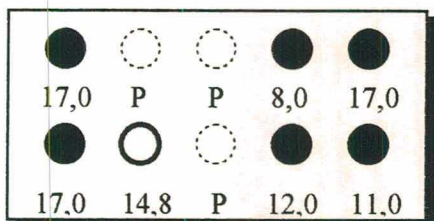
* O diâmetro médio dos corpos-de-prova ensaiados foi de 45 mm.

PLACAS - Com chapisco

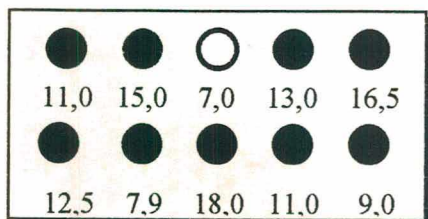
Argamassa: tipo "A"

Idade: 28 dias

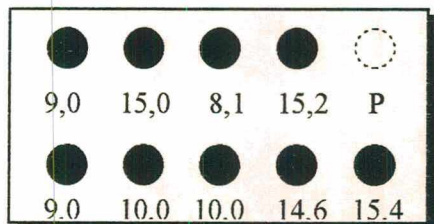
Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 92 %



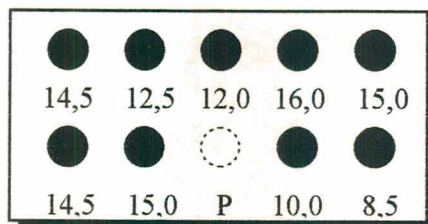
Placa 01



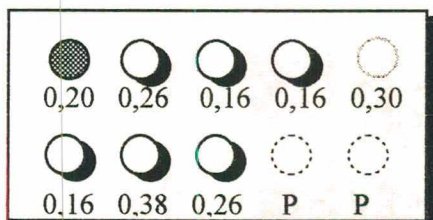
Placa 02



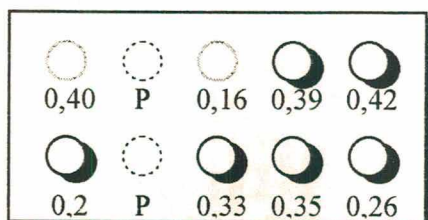
Placa 03



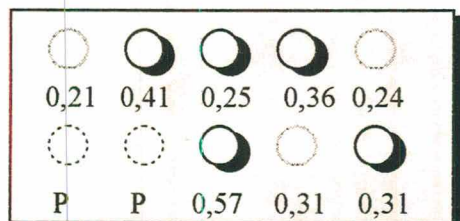
Placa 04



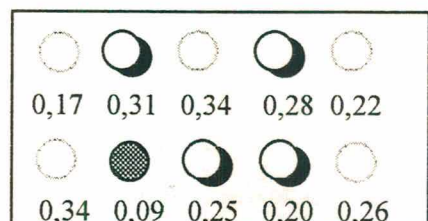
Placa 05



Placa 06



Placa 07



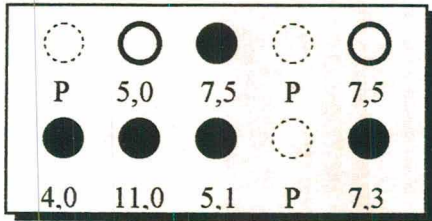
Placa 08

PLACAS - Com chapisco

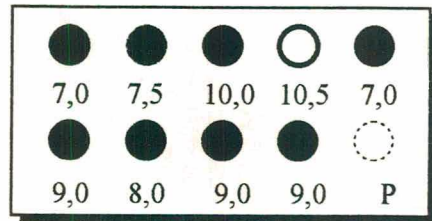
Argamassa: tipo "B"

Idade: 28 dias

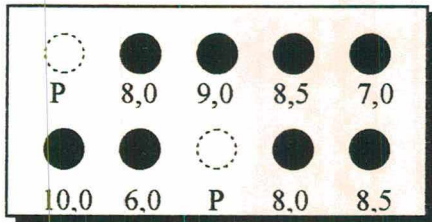
Condições de temperatura e umidade: T = 19,5 °C UR = 87 %



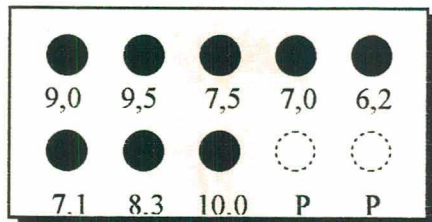
Placa 09



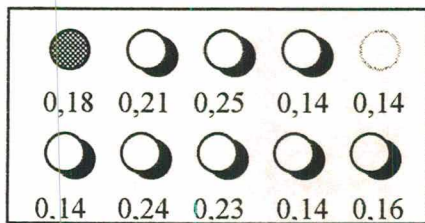
Placa 10



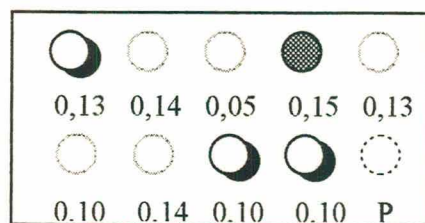
Placa 11



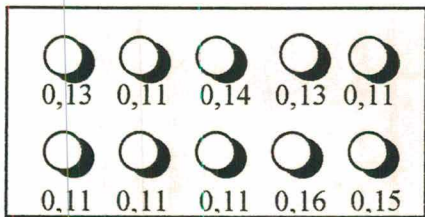
Placa 12



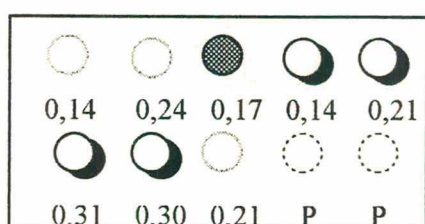
Placa 13



Placa 14



Placa 15



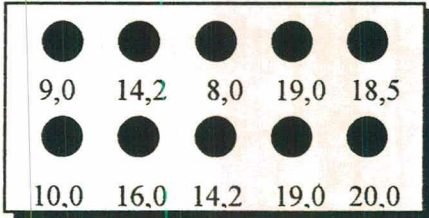
Placa 16

PLACAS - Com chapisco

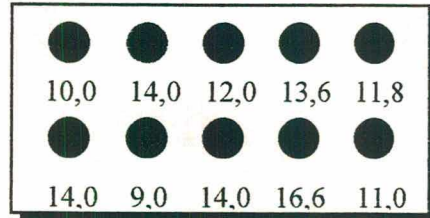
Argamassa: tipo "C"

Idade: 28 dias

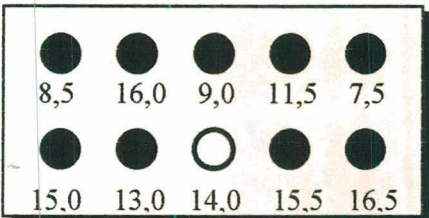
Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 90%



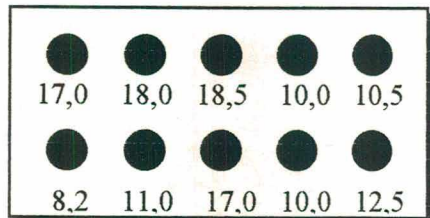
Placa 17



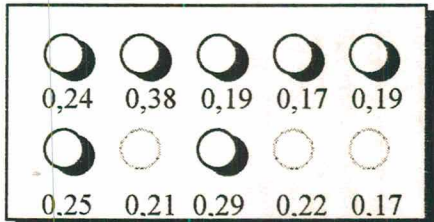
Placa 18



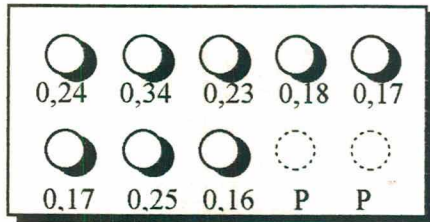
Placa 19



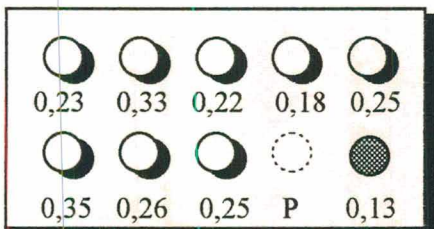
Placa 20



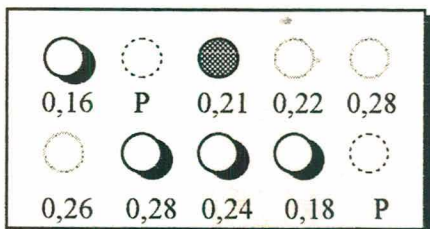
Placa 21



Placa 22



Placa 23



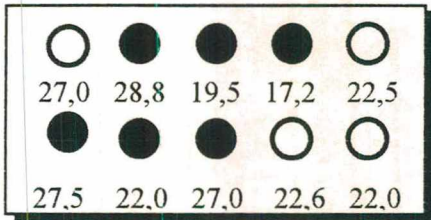
Placa 24

BLOCOS "T" - Com chapisco

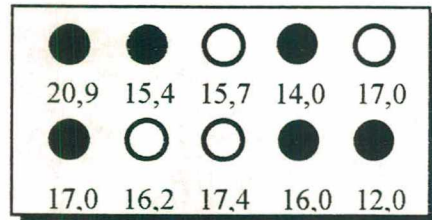
Argamassa: tipo "A"

Idade: 28 dias

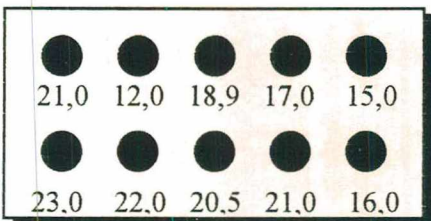
Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 92 %



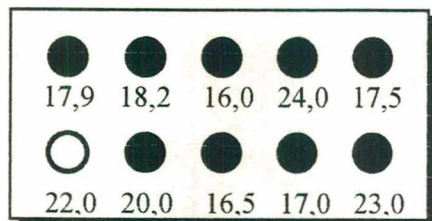
Bloco 1TA



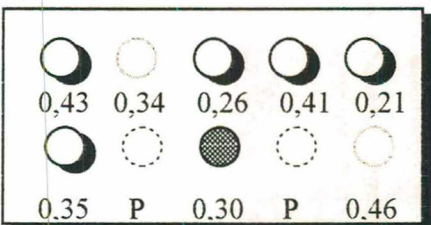
Bloco 2TA



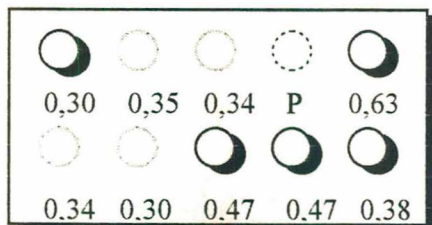
Bloco 3TA



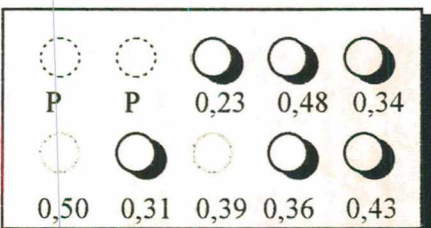
Bloco 4TA



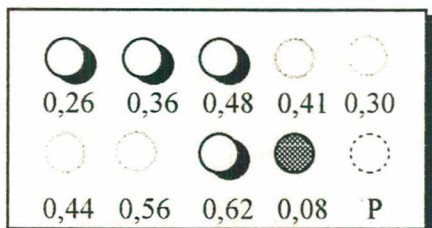
Bloco 5TA



Bloco 6TA



Bloco 7TA



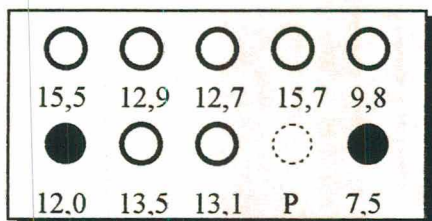
Bloco 8TA

BLOCOS "T" - Com chapisco

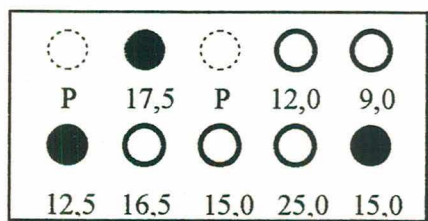
Argamassa: tipo "B"

Idade: 28 dias

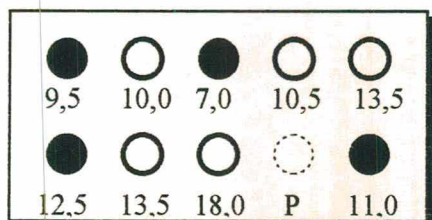
Condições de temperatura e umidade: T = 19,5 °C UR = 87 %



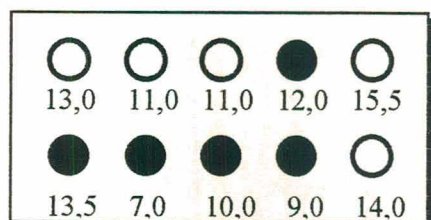
Bloco 1TB



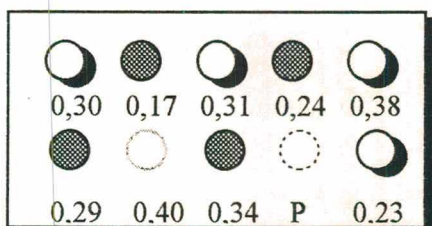
Bloco 2TB



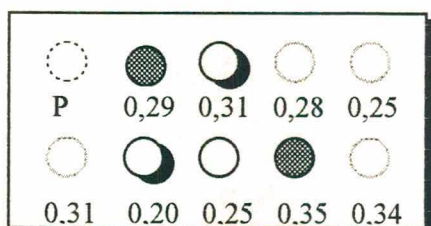
Bloco 3TB



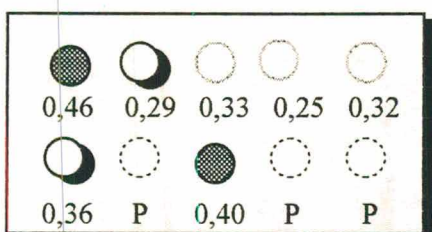
Bloco 4TB



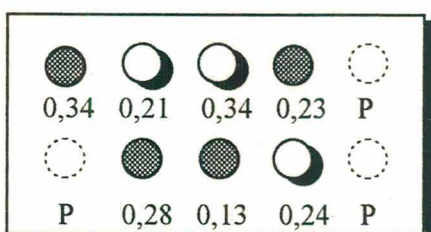
Bloco 5TB



Bloco 6TB



Bloco 7TB



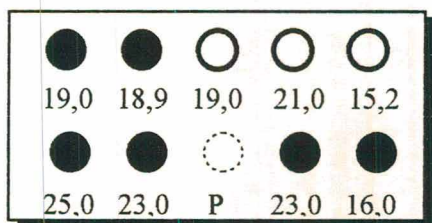
Bloco 8TB

BLOCOS "T" - Com chapisco

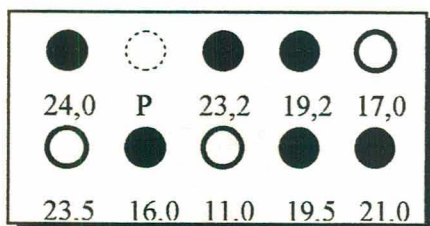
Argamassa: tipo "C"

Idade: 28 dias

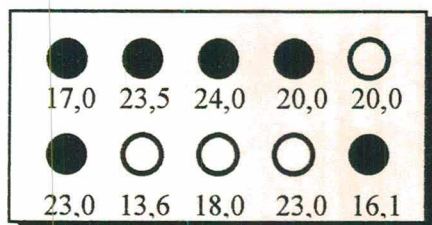
Condições de temperatura e umidade: T = 20,5 °C UR = 90 %



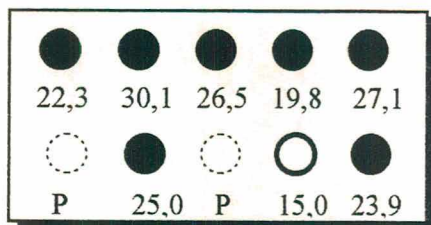
Bloco 1TC



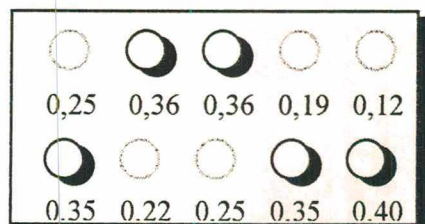
Bloco 2TC



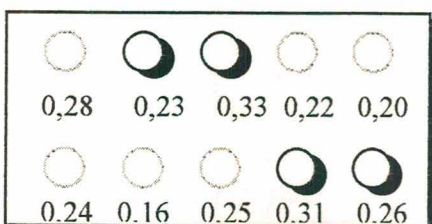
Bloco 3TC



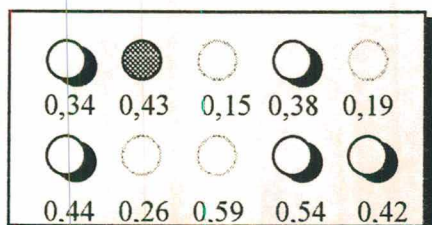
Bloco 4TC



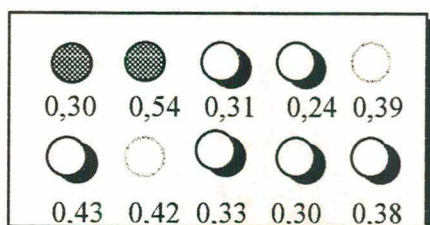
Bloco 5TC



Bloco 6TC



Bloco 7TC



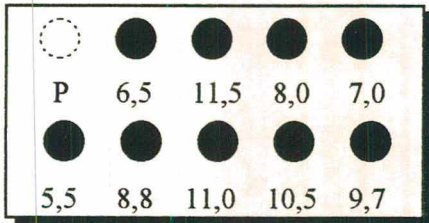
Bloco 8TC

BLOCOS "T" - Com chapisco

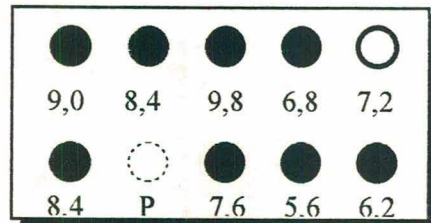
Argamassa: tipo "A1"

Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 85 %

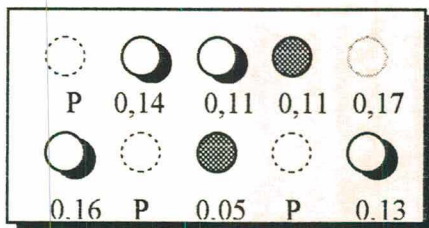
Idade: 7 dias



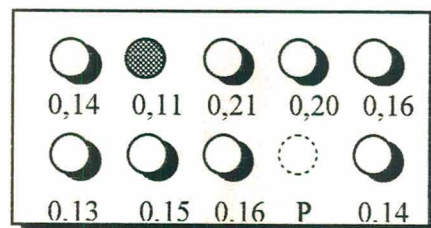
Bloco 1TA1



Bloco 2TA1

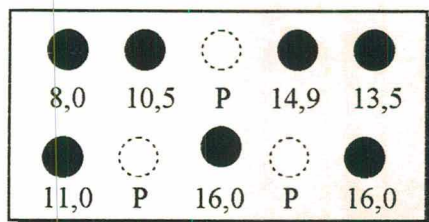


Bloco 3TA1

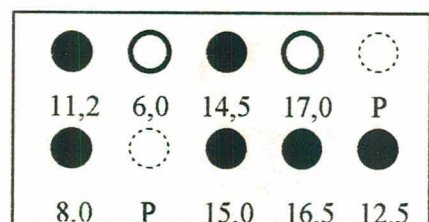


Bloco 4TA1

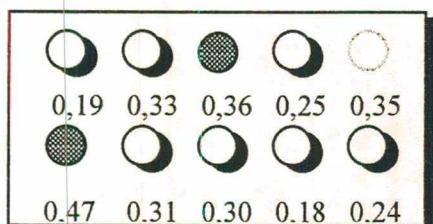
Idade: 14 dias



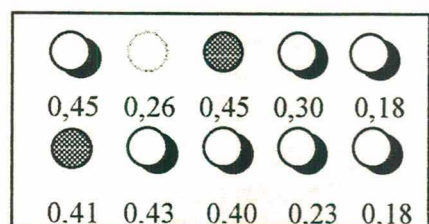
Bloco 5TA1



Bloco 6TA1



Bloco 7TA1



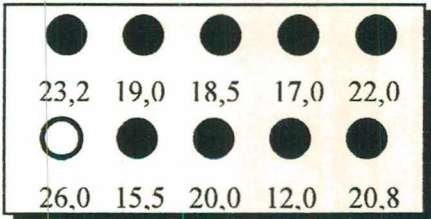
Bloco 8TA1

BLOCOS "T" - Com chapisco

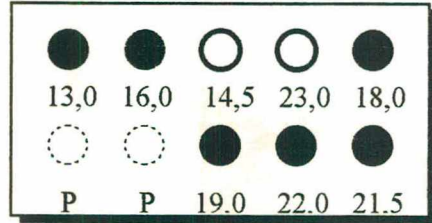
Argamassa: tipo "A1"

Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 85 %

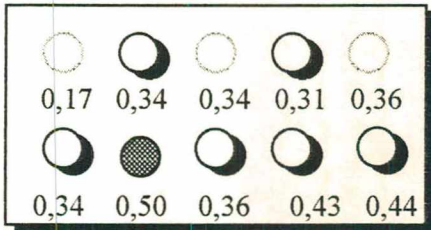
Idade: 28 dias



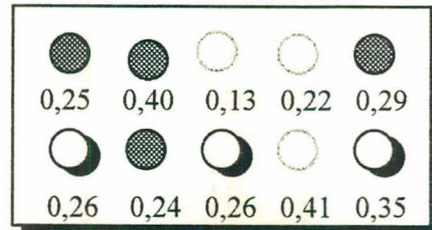
Bloco 9TA1



Bloco 10TA1

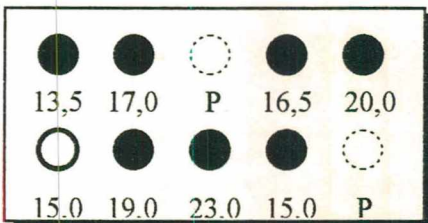


Bloco 11TA1

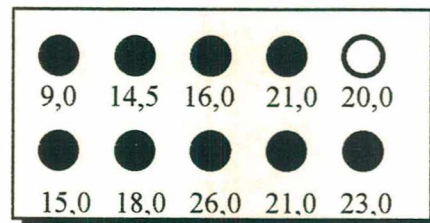


Bloco 12TA1

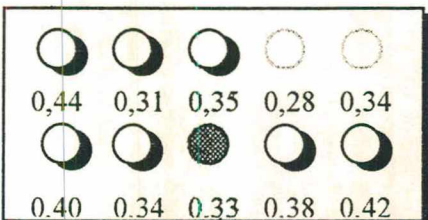
Idade: 63 dias



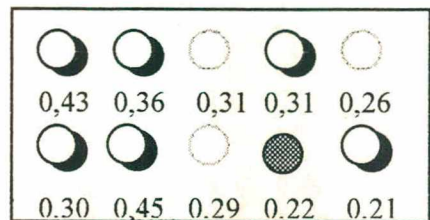
Bloco 13TA1



Bloco 14TA1



Bloco 15TA1



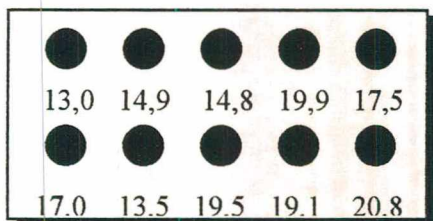
Bloco 16TA1

BLOCOS "T" - Com chapisco

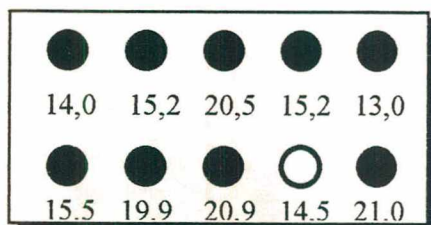
Argamassa: tipo "A1"

Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 85 %

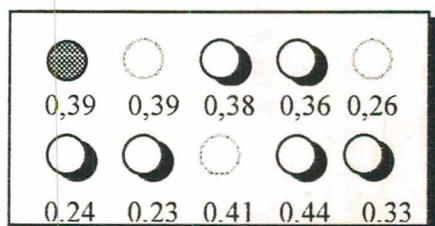
Idade: 91 dias



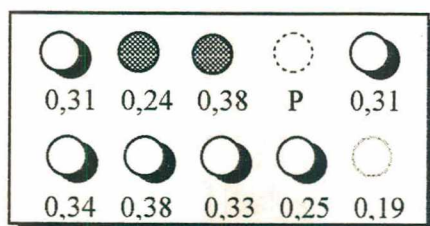
Bloco 17TA1



Bloco 18TA1

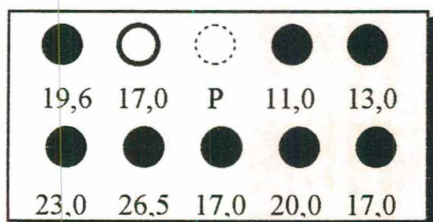


Bloco 19TA1

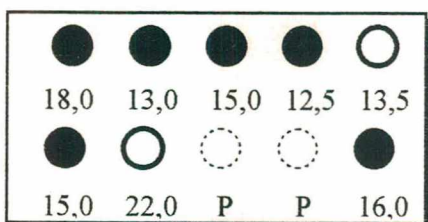


Bloco 20TA1

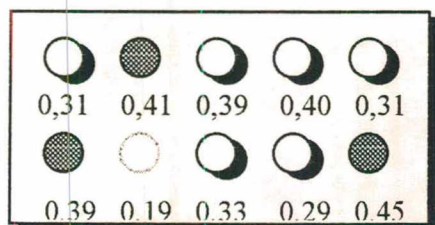
Idade: 119 dias



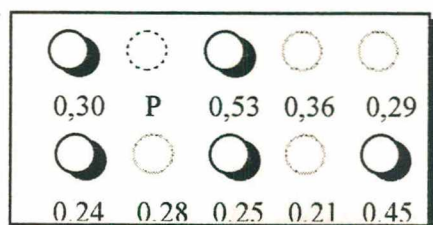
Bloco 21TA1



Bloco 22TA1



Bloco 23TA1



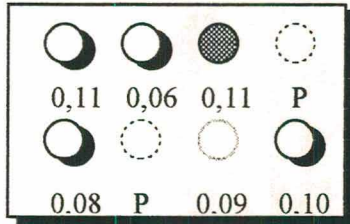
Bloco 24TA1

BLOCOS "E" - Com chapisco

Argamassa: tipo "A1"

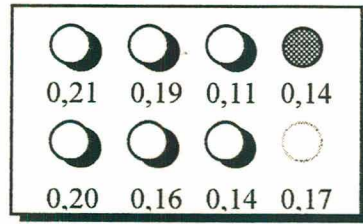
Condições de temperatura e umidade: T = 21 °C UR = 85 %

Idade: 07 dias



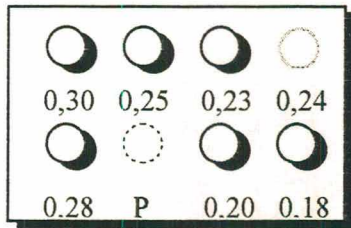
Bloco 1EA1

Idade: 14 dias



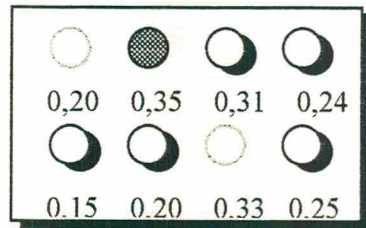
Bloco 2EA1

Idade: 28 dias



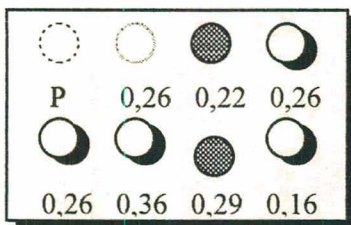
Bloco 3EA1

Idade: 63 dias



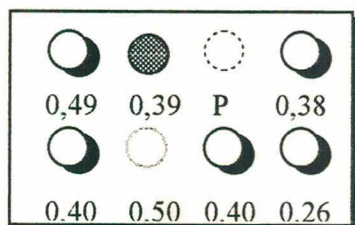
Bloco 4EA1

Idade: 91 dias



Bloco 5EA1

Idade: 119 dias



Bloco 6EA1

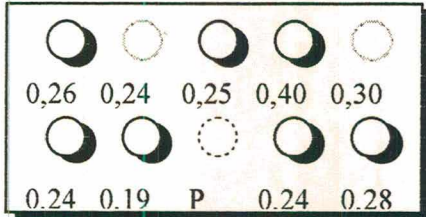
Estudo da absorção

Argamassa: tipo "A"

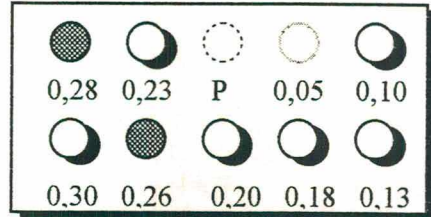
Idade: 28 dias

Condições de temperatura e umidade $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ $UR = 85 \pm 5 \%$

Bloco "T" sem chapisco

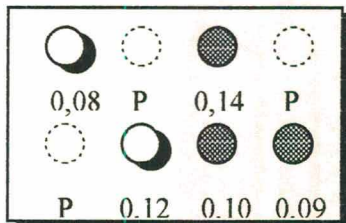


Bloco 1TAS

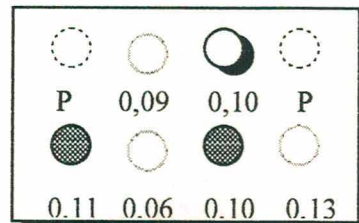


Bloco 2TAS

Bloco "E" sem chapisco

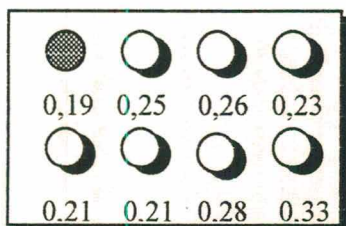


Bloco 1EAS

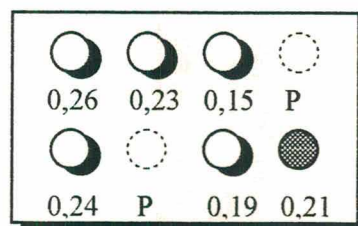


Bloco 2EAS

Bloco "E" com chapisco



Bloco 1EAC



Bloco 2EAC

ANEXO - II

Tratamento Estatístico dos Resultados

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Placas 01 à 04

Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	33
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	12,73
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,71
Desvio padrão em (MPa)	3,11
Coefficiente de variação em (%)	24,46
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Placas 05 à 08

Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	21
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,30
Desvio padrão em (MPa)	0,10
Coefficiente de variação em (%)	34,05
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.M.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Placas 09 à 12

Argamassa tipo "B" (1:2:9)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	29
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	7,96
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,45
Desvio padrão em (MPa)	1,54
Coefficiente de variação em (%)	19,35
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Placas 13 à 16

Argamassa tipo "B" (1:2:9)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	25
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,16
Desvio padrão em (MPa)	0,06
Coefficiente de variação em (%)	38,09
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	Normal
Valores espúrios	
Erro relativo de estimativa de média em (%)	15
Confiabilidade em (%)	90
Tamanho mínimo da amostra	20

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Placas 17 à 20

Argamassa tipo "C" (1:n:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	39
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	13,31
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,74
Desvio padrão em (MPa)	3,61
Coefficiente de variação em (%)	27,15
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Placas 21 à 24

Argamassa tipo "C" (1:n:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	27
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,24
Desvio padrão em (MPa)	0,06
Coefficiente de variação em (%)	25,62
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 1TA à 4TA

Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	31
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	19,15
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	1,07
Desvio padrão em (MPa)	4,19
Coefficiente de variação em (%)	21,86
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 5TA à 8TA

Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	12
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,39
Desvio padrão em (MPa)	0,11
Coefficiente de variação em (%)	29,29
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 1TB à 4TB

Argamassa tipo "B" (1:2:9)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	14
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	11,14
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,62
Desvio padrão em (MPa)	3,07
Coefficiente de variação em (%)	27,52
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 5TB à 8TB

Argamassa tipo "B" (1:2:9)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	11
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,29
Desvio padrão em (MPa)	0,05
Coefficiente de variação em (%)	21,12
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 1TC à 4TC

Argamassa tipo "C" (1:n:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	25
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	21,84
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	1,22
Desvio padrão em (MPa)	3,66
Coefficiente de variação em (%)	16,77
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 5TC à 8TC

Argamassa tipo "C" (1:n:6)

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	20
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,35
Desvio padrão em (MPa)	0,07
Coefficiente de variação em (%)	20,55
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 1TA1 e 2TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 7 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	17
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	8,25
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,46
Desvio padrão em (MPa)	1,85
Coefficiente de variação em (%)	22,38
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 3TA1 e 4TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 7 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	12
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,15
Desvio padrão em (MPa)	0,03
Coefficiente de variação em (%)	19,77
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 5TA1 e 6TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 14 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	13
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	12,89
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,72
Desvio padrão em (MPa)	2,94
Coefficiente de variação em (%)	22,83
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 7TA1 e 8TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 14 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	14
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,28
Desvio padrão em (MPa)	0,09
Coefficiente de variação em (%)	33,52
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 9TA1 e 10TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	15
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	18,50
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	1,03
Desvio padrão em (MPa)	3,31
Coefficiente de variação em (%)	17,92
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 11TA1 e 12TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	9
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,35
Desvio padrão em (MPa)	0,06
Coefficiente de variação em (%)	17,86
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 13TA1 e 14TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 63 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	16
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	17,97
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	1,00
Desvio padrão em (MPa)	4,28
Coefficiente de variação em (%)	23,86
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 15TA1 e 16TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 63 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	13
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,36
Desvio padrão em (MPa)	0,07
Coefficiente de variação em (%)	18,50
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 17TA1 e 18TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 91 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	19
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	17,12
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,96
Desvio padrão em (MPa)	2,95
Coefficiente de variação em (%)	17,23
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 19TA1 e 20TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 91 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	12
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,32
Desvio padrão em (MPa)	0,06
Coefficiente de variação em (%)	19,31
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência ao cisalhamento

Substrato: Blocos 21TA1 e 22TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade: 119 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	14
Média dos valores de momento torsor - ruptura [a] - em (N.mm)	16,90
Cálculo da tensão de aderência ao cisalhamento média em (MPa)	0,94
Desvio padrão em (MPa)	4,30
Coefficiente de variação em (%)	25,43
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Blocos 23TA1 e 24TA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 119 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	11
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,35
Desvio padrão em (MPa)	0,09
Coefficiente de variação em (%)	25,43
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 1EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 7 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	4
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,09
Desvio padrão em (MPa)	0,02
Coefficiente de variação em (%)	26,08
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 2EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 14 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	6
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,17
Desvio padrão em (MPa)	0,04
Coefficiente de variação em (%)	22,83
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 3EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	6
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,24
Desvio padrão em (MPa)	0,05
Coefficiente de variação em (%)	19,69
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 4EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 63 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	5
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,23
Desvio padrão em (MPa)	0,06
Coefficiente de variação em (%)	26,23
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 5EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 91 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	4
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,26
Desvio padrão em (MPa)	0,08
Coefficiente de variação em (%)	31,10
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração

Substrato: Bloco 6EA1

Argamassa tipo "A1" (1:1:6)

Idade do ensaio: 119 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	5
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,39
Desvio padrão em (MPa)	0,08
Coefficiente de variação em (%)	20,97
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração
 Substrato: Blocos 1TAS e 2TAS
 Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Idade do ensaio: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	13
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,23
Desvio padrão em (MPa)	0,08
Coefficiente de variação em (%)	33,63
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração
 Substrato: Blocos 1EAS e 2EAS
 Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Idade do ensaio: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	3
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,10
Desvio padrão em (MPa)	0,02
Coefficiente de variação em (%)	25,00
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

Ensaio: Resistência de aderência a tração
 Substrato: Blocos 1EAC e 2EAC
 Argamassa tipo "A" (1:1:6)

Idade do ensaio: 28 dias

Número de corpos-de-prova considerados no cálculo da média	12
Média dos valores lidos no extrator - ruptura [a] - em (MPa)	0,24
Desvio padrão em (MPa)	0,04
Coefficiente de variação em (%)	19,05
Teste de normalidade - "Kolmogorov-Smirnov"	N.N.

N.N.: Não é uma distribuição normal

ANEXO - III

Tabela III-a: Resumo dos principais dados do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento, incluindo o número de eventos por forma de ruptura.

Componentes	Tensão (MPa)	Formas de ruptura (un)		Perdas (P)	total (un)	Seção (mm ²)	Espes. (mm)
		(a)	(b)				
Placas 01-04	0,71	33	02	05	40	1590	17,0
Placas 09-12	0,45	29	03	08	40	1590	16,0
Placas 17-20	0,74	39	01	00	40	1590	17,0
Blocos 1TA-4TA	1,07	31	09	00	40	1590	18,5
Blocos 1TB-4TB	0,62	14	22	04	40	1590	15,5
Blocos 1TC-4TC	1,22	25	11	04	40	1590	19,0
Blocos 1TA1-2TA1	0,46	17	01	02	20	1590	16,0
Blocos 5TA1-6TA1	0,72	13	02	05	20	1590	15,0
Blocos 9TA1-10TA1	1,03	15	03	02	20	1590	17,5
Blocos 13TA1-14TA1	1,00	16	02	02	20	1590	16,5
Blocos 17TA1-18TA1	0,96	19	01	00	20	1590	16,5
Blocos 21TA1-22TA1	0,94	14	03	03	20	1590	18,0
Totais (un)		265	60	35	360		
Percentuais (%)		73,6	16,7	9,7	100		

Tabela III-b: Resumo dos principais dados do ensaio de resistência de aderência à tração, incluindo o número de eventos por forma de ruptura.

Componentes	Tensão (MPa)	Formas de ruptura (un)			Perdas (P)	Total (un)	Seção (mm ²)	Espes. (mm)
		(a)	(b)	(d)				
Placas 05-08	0,30	21	02	11	06	40	1590	18,0
Placas 13-16	0,16	25	03	09	03	40	1590	16,5
Placas 21-24	0,24	27	02	06	05	40	1590	16,5
Blocos 5TA-8TA	0,39	20	02	12	06	40	1590	17,0
Blocos 5TB-8TB	0,29	11	12	09	08	40	1590	16,0
Blocos 5TC-8TC	0,35	20	03	17	00	40	1590	17,5
Blocos 3TA1-4TA1	0,15	12	03	01	04	20	1590	16,0
Blocos 7TA1-8TA1	0,28	14	04	02	00	20	1590	15,5
Blocos 11TA1-12TA1	0,35	09	05	06	00	20	1590	17,5
Blocos 15TA1-16TA1	0,36	13	02	05	00	20	1590	16,5
Blocos 19TA1-20TA1	0,32	12	03	04	01	20	1590	16,5
Blocos 23TA1-24TA1	0,35	11	03	05	01	20	1590	18,0
Bloco 1EA1	0,09	04	01	01	02	08	1590	17,0
Bloco 2EA1	0,17	06	01	01	00	08	1590	20,0
Bloco 3EA1	0,24	06	00	01	01	08	1590	20,0
Bloco 4EA1	0,23	05	01	02	00	08	1590	17,0
Bloco 5EA1	0,26	04	02	01	01	08	1590	21,0
Bloco 6EA1	0,39	05	01	01	01	08	1590	16,0
Blocos 1TAS-2TAS	0,23	13	02	03	02	20	1590	17,5
Blocos 1EAS-2EAS	0,10	03	05	03	05	16	1590	18,0
Blocos 1EAC-2EAC	0,24	12	02	00	02	16	1590	18,0
Totais (un)		253	59	100	48	460		
Percentuais (%)		55,0	12,8	21,7	10,5	100		

Tabela III-c: Resumo dos valores médios de tensão por forma de ruptura.

Componentes	Valores médios de tensão de ruptura (MPa)		
	(b) tração	(d) tração	(b) cisalham.
Placas 01-08	> 0,20	> 0,29	> 0,61
Placas 09-16	> 0,16	> 0,13	> 0,43
Placas 17-24	> 0,22	> 0,22	> 0,78
Blocos 1TA-8TA	> 0,30	> 0,39	> 1,13
Blocos 1TB-8TB	> 0,29	> 0,30	> 0,75
Blocos 1TC-8TC	> 0,43	> 0,26	> 0,99
Blocos 1TA1-4TA1	> 0,10	> 0,18	> 0,40
Blocos 5TA1-8TA1	> 0,43	> 0,30	> 0,64
Blocos 09TA1-12TA1	> 0,34	> 0,28	> 1,18
Blocos 13TA1-16TA1	> 0,25	> 0,30	> 0,98
Blocos 17TA1-20TA1	> 0,34	> 0,31	> 0,81
Blocos 21TA1-24TA1	> 0,41	> 0,41	> 0,98
Bloco 1EA1	> 0,11	> 0,09	
Bloco 2EA1	> 0,12	> 0,17	
Bloco 3EA1	-	> 0,24	
Bloco 4EA1	> 0,35	> 0,26	
Bloco 5EA1	> 0,26	> 0,26	
Bloco 6EA1	> 0,50	> 0,39	
Blocos 1TAS-2TAS	> 0,21	> 0,21	
Blocos 1EAS-2EAS	-	> 0,09	
Blocos 1EAC-2EAC	> 0,15	> 0,17	