

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

**JOSÉ WILSON ASSUNÇÃO**

**CURVAS DE DOSAGEM PARA  
CONCRETOS CONVENCIONAIS E  
ADITIVADOS CONFECCIONADOS  
COM MATERIAIS DA REGIÃO  
NORDESTE DO PARANÁ**

Florianópolis  
2002

---

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

**CURVAS DE DOSAGEM PARA  
CONCRETOS CONVENCIONAIS E  
ADITIVADOS CONFECCIONADOS  
COM MATERIAIS DA REGIÃO  
NOROESTE DO PARANÁ**

**JOSÉ WILSON ASSUNÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Florianópolis  
2002

---

**CURVAS DE DOSAGEM PARA CONCRETOS  
CONVENCIONAIS E ADITIVADOS, CONFECCIONADOS  
COM MATERIAIS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ**

**JOSÉ WILSON ASSUNÇÃO**

Esta dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final pelo curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

---

Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Júnior – Moderador – Orientador

---

Prof. Dr. Wellington Longuini Repette – Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. PhD. Ivo José Padaratz – Universidade Federal de Santa Catarina

---

Profª Drª Ing. Janaíde Cavalcanti Rocha – Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Jucelei Cordini – Coordenador da PPGEC/UFSC

---

Florianópolis, Dezembro 2002

---

A você

**XÃOMITICA,**

Divisor de águas de minha vida ...

Sem sua ajuda nada disso

Seria possível ...

---

## Agradecimentos

Como agradecer a todos que me ajudaram !

Iniciarei por Deus ...ELE que me deu forças, fé e coragem...

Agradeço especialmente a minha esposa, Marluce e a meus filhos, Guilherme e Leonardo que para ajudar, abdicaram de muitas e muitas horas de nosso lazer, muito obrigado...

Aos meus pais e parente que sempre me incentivaram...

Agradeço ao grupo Votorantin, que nas pessoas do Pedro, Elias e o eng. William, ajudaram-me com materiais e apoio técnico.

Ao Cícero, que na sua simplicidade, inteligência, força e vontade auxiliou-me muito na confecção das misturas de concreto.

Meu muito obrigado, aos colegas professores do DEC/UEM, prof. Belincanta e profª Nelci, prof. Daniel e prof. Canova pelo incentivo e ajuda.

Ao eng. Scobin que na sua sabedoria indicou-me alguns caminhos a seguir

Aos meus colegas de trabalho Valter, Celso, Cipriano, Aparecido, Mariano e Kelly, lotados no Laboratório de Materiais de Construção e Mecânica de Solos, pelo apoio no desenvolvimento dos experimentos e finalmente,

Ao prof. Dr. Prudêncio, cuja orientação objetiva e precisa, conduziu e muito contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho...

A todos,

Muito obrigado!!!

---

---



---

## SUMÁRIO

---



---

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS .....	xviii
RESUMO .....	xix
ABSTRACT .....	xx
<b>1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1.1 – <i>Considerações Gerais</i> .....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 – <i>Objetivo Geral</i> .....	3
1.2.2 – <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.3 - HIPÓTESE GERAL.....	3
1.4 - LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	3
1.5 – ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DO TRABALHO .....	4
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 – DOSAGEM DE CONCRETO .....	5
2.2 – MÉTODOS DE DOSAGEM DO CONCRETO.....	9
2.2.1 - <i>Breve Histórico</i> .....	9
2.2.2 – <i>Dosagem Experimental do Concreto</i> .....	12
2.2.3 – <i>Métodos de Dosagem do Concreto</i> .....	17
2.2.3.1 – <i>Parâmetros comuns aos principais métodos de dosagem utilizados no Brasil</i> .....	19
2.2.3.2 – <i>Principais métodos de dosagens utilizados no Brasil</i> .....	28
2.2.3.2.1 - <i>Método de dosagem de concreto do INT – Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro</i> .....	28
2.2.3.2.2. - <i>Método de dosagem de concreto do ITERS – Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul</i> .....	33
2.2.3.2.3 - <i>Método de dosagem de concreto do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo</i> .....	36
2.2.3.2.4 - <i>Método de dosagem de concreto da ABCP-Associação Brasileira de Cimento Portland / ACI – American Concrete Institute</i> .....	38
2.2.3.3 – <i>Outros métodos de dosagem do concreto</i> .....	53
2.2.3.4 - <i>Considerações gerais sobre os diversos métodos pesquisados</i> .....	55
2.3 – PRINCIPAIS PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO A SEREM CONSIDERADAS NO ESTUDO DE DOSAGEM.....	57
2.3.1 – <i>Concreto no estado fresco</i> .....	57
2.3.1.1 – <i>Trabalhabilidade da mistura</i> .....	57

---

2.3.1.2 – Formas de reconhecimento de uma mistura trabalhável de concreto .....	59
2.3.1.3 – Formas de medidas de trabalhabilidade .....	59
2.3.2 – CONCRETO ENDURECIDO .....	61
2.3.2.1 – Resistência a Compressão Axial .....	61
2.3.2.2 – A dosagem relacionada a alguns aspectos da durabilidade do concreto .....	67
2.4 – ADITIVOS PARA CONCRETO .....	70
2.4.1 – Identificação e especificações .....	70
2.4.2.- Aditivos plastificantes .....	70
2.4.3 – Avaliação de desempenho dos aditivos .....	71
<b>3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>74</b>
3.1 – CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....	74
3.2 – IDENTIFICAÇÃO DA REGIÃO DE PESQUISA .....	74
3.3 – MATERIAIS EMPREGADOS NOS EXPERIMENTOS DA PESQUISA .....	74
3.3.1 – Agregados miúdos .....	75
3.3.2 – Agregado graúdo .....	80
3.3.3 – Cimento .....	83
3.4 – DEFINIÇÃO DOS DIAGRAMAS DE DOSAGEM PARA AS DIFERENTES FAMÍLIAS DE CONCRETOS .....	84
3.4.1 – Especificação das famílias de concreto .....	85
3.4.2 – Concretos Convencionais – Procedimentos experimentais de dosagem .....	85
3.4.2.1 – Traços Piloto (1 : m) e Auxiliares (1 : m <sub>1</sub> , 1 : m <sub>2</sub> ) (Pobre e Rico) .....	85
3.4.2.2 – Ensaio realizados nas misturas de concreto nas condições fresca e endurecida .....	87
3.4.2.3 – Diagrama de dosagem – fase preliminar .....	89
3.4.2.4 – Ábacos de Dosagem .....	90
3.4.3 – Concretos aditivados – Procedimentos experimentais de dosagem .....	93
3.4.3.1 – Critérios adotados para a escolha do aditivo plastificante tipo “P” .....	93
3.4.3.2 – Definição do diagrama de dosagem para os concretos confeccionados com aditivo plastificante do tipo “P” .....	93
<b>4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>96</b>
4.1 – CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....	96
4.2 - DIAGRAMA DE DOSAGEM DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO .....	97
4.2.1 - Concretos convencionais .....	97
4.2.2 – Concretos aditivados .....	97
4.3 – ÁBACOS DE DOSAGEM DO CONCRETO .....	110
4.3.1 – Avaliações estatísticas dos modelos .....	110
4.3.2 – Representação gráfica e analítica dos ábacos de dosagem do concreto .....	111
4.4 – DETERMINAÇÃO DE UM TRAÇO DE CONCRETO UTILIZANDO O ÁBACO DE DOSAGEM ...	124
4.4.1 – Informações preliminares .....	124
4.4.2 – Dimensionamento do traço solicitado .....	124
4.5 – ANÁLISE DE RESULTADOS .....	127
4.5.1 – O Método IPT/EPUSP de dosagem de concreto .....	127
4.5.2 – Avaliação da influência da consistência na resistência do concreto .....	127
4.5.3 – Avaliação da influência das características dos agregados em	

---

<i>alguns parâmetros da mistura</i> .....	131
4.5.4 – <i>A quantidade de água em função do teor do agregado total</i> .....	137
4.5.5 – <i>Avaliação de custos para algumas misturas obtidas por meio dos ábacos de dosagens</i> .....	138
4.5.6 – <i>Avaliação da ação do aditivo plastificante na resistência e incorporação de ar nas misturas</i> .....	142
4.5.7 – Os ÁBACOS E A METODOLOGIA UEM DE DOSAGEM DE CONCRETO .....	146
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>147</b>
5.1 – CONCLUSÕES .....	147
5.2 – SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	151
<b>6 – FONTES BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>152</b>
<b>7 – ANEXOS</b> .....	<b>157</b>
7.1 – ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS E ADITIVADOS CONFECCIONADOS COM AREIA MÉDIA, FINA, BRITA 1, BRITA 2 E BRITA 1+BRITA 2.....	158
7.2 – ANEXO 2 – DIAGRAMAS DE DOSAGEM PARA OS CONCRETOS CONVENCIONAIS (ST 30±10MM, ST 60±10MM E ST 100±20MM) E ADITIVADOS (ST 30±10MM E ST 60±10MM) CONFECCIONADOS COM AREIA MÉDIA, FINA, BRITA 1, BRITA 2 E BRITA 1+BRITA 2.....	174
7.3 – ANEXO 3 – TABELAS RESUMOS DAS EXPRESSÕES ANALÍTICAS OBTIDAS DAS LEIS DE ABRAMS, LYSE, MOLINARY E 4º QUADRANTE DETERMINADAS PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS, PARA O CASO DOS ÁBACOS DE DOSAGEM.....	193
7.4 – ANEXO 4 – ALGUNS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE AMOSTRAS DE AGREGADOS DA REGIÃO. ....	198
7.5 – ANEXO 5 – ALGUNS EXEMPLOS DE TRAÇOS DETERMINADOS POR MEIO DO ÁBACO DE DOSAGEM. ....	205
7.6 – ANEXO 6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA – COMPARAÇÕES ENTRE FUNÇÕES LINEARES TRANSFORMADAS PARA AS LEIS DE ABRAMS, LYSE, MOLINARI E 4º QUADRANTE.....	212
7.7 – ANEXO 7 – SIMULAÇÃO DE CUSTOS – AVALIAÇÃO DE CUSTOS DAS MISTURAS DETERMINADAS PELO ÁBACO DE DOSAGEM.....	229

---



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 2.1</b> – Fluxograma de execução da dosagem experimental do concreto.....	6
<b>FIGURA 2.2</b> – As sete principais etapas a serem consideradas em um estudo de dosagem do concreto para obras correntes .....	8
<b>FIGURA 2.3</b> – Principais elementos considerados na dosagem de concreto .....	9
<b>FIGURA 2.4</b> – Representação esquemática da lei de Lyse.....	15
<b>FIGURA 2.5</b> – Curvas Granulométricas Ideais para o concreto segundo Bolomey .....	16
<b>FIGURA 2.6</b> – Função de distribuição de Gauss da resistência à compressão do concreto .....	21
<b>FIGURA 2.7</b> – Resistência Média a Compressão do cimento (fcc) em função da relação água/cimento para os cimento do tipo CP 32.....	24
<b>FIGURA 2.8</b> - Principais ações físicas e reações químicas que causam deterioração e afetam a durabilidade do concreto.....	25
<b>FIGURA 2.9</b> – Curvas granulométricas ideais da mistura cimento:agregado propostas por Lobo Carneiro para os materiais do Rio de Janeiro.....	31
<b>FIGURA 2.10</b> – Fluxograma simplificado das principais etapas no desenvolvimento do método de dosagem INT .....	33
<b>FIGURA 2.11</b> – Curvas de trabalhabilidade obtidos à partir de índices de remoldagens determinados para mistura com “m” constante e diferentes relação a/m.....	34
<b>FIGURA 2.12</b> – Fluxograma simplificado do método de dosagem do ITERS desenvolvido pelo Prof. Petrucci.....	35
<b>FIGURA 2.13</b> – Curva de correlação do traço com o Módulo de Finura da Mistura (Mm) e a relação água/cimento .....	37
<b>FIGURA 2.14</b> – Gráfico para a determinação da relação água/cimento (a/c) em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade .....	39
<b>FIGURA 2.15</b> - Fluxograma simplificado do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland.(ABCP). .....	43
<b>FIGURA 2.16</b> - DIAGRAMA DE DOSAGEM – Método IPT/EPUSP – Modelo de comportamento .....	45
<b>FIGURA 2.17</b> - Principais fatores que influenciam na trabalhabilidade da mistura .....	58
<b>FIGURA 2.18</b> – Correlação entre alguns índices de consistência do concreto .....	60
<b>FIGURA 2.19</b> - Formas de abatimento do concreto fresco .....	60
<b>FIGURA 2.20</b> - Fatores intervenientes na definição da resistência à compressão do concreto .....	61
<b>FIGURA 2.21</b> -Influência na relação água/cimento, consumo de cimento e resistência à compressão do concreto causado pelo ar incorporado.....	64
<b>FIGURA 2.22</b> - Influência da cura úmida na resistência do concreto.....	65
<b>FIGURA 2.23</b> - Resistência à compressão no aspecto real e potencial do concreto.....	66

---

<b>FIGURA 2.24</b> – Representação esquemática da ação de um aditivo redutor de água nos flocos de cimento. ....	71
<b>FIGURA 2.25</b> – Esquema típico do diagrama de dosagem para a avaliação do desempenho de concretos com e sem aditivos .....	73
<b>FIGURA 3.1</b> – Localização dos Portos de areias com relação à cidade de Maringá-Pr. ....	75
<b>FIGURA 3.2</b> – Ensaios de caracterização física do agregado miúdo - Areia lavada fina.....	76
<b>FIGURA 3.3</b> – Avaliação do inchamento da areia fina.....	77
<b>FIGURA 3.4</b> – Ensaios de caracterização física do agregado miúdo - Areia lavada Média..	78
<b>FIGURA 3.5</b> – Avaliação do inchamento da areia média .....	79
<b>FIGURA 3.6</b> – Ensaios de caracterização física de agregado graúdo – Pedra britada de basalto (Brita 1) .....	81
<b>FIGURA 3.7</b> – Ensaios de caracterização física de agregado graúdo – Pedra britada de basalto (Brita 2) .....	82
<b>FIGURA 3.8</b> – Diagrama de dosagem IPT/EPUSP – Traços piloto, auxiliares e traços de referência (Ref <sub>1</sub> , Ref <sub>2</sub> , Ref <sub>3</sub> ).....	90
<b>FIGURA 3.9</b> – Configuração gráfica típica do ábaco de dosagem de concretos confeccionados com dados materiais e atendem aos abatimentos ST <sub>1</sub> , ST <sub>2</sub> , ST <sub>3</sub> .....	91
<b>FIGURA 3.10</b> – Avaliação comparativa entre os comportamentos das famílias de concretos convencionais e aditivados. (família 1 e família 1-AD).....	95
<b>FIGURA 4.1</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1 - (Família AM-1).....	112
<b>FIGURA 4.2</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 2 - (Família AM-2).....	113
<b>FIGURA 4.3</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1+BRITA 2 - (Família AM-3) .....	114
<b>FIGURA 4.4</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 1 - (Família AF-1).....	115
<b>FIGURA 4.5</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 2 - (Família AF-2).....	116
<b>FIGURA 4.6</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 1+BRITA 2 - (Família AF-3) .....	117
<b>FIGURA 4.7</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1 – (Família AM 1-AD).....	118
<b>FIGURA 4.8</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 2 – (Família AM 2-AD).....	119
<b>FIGURA 4.9</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1+BRITA 2 – (Família AM 3-AD).....	120

---

<b>FIGURA 4.10</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia FINA e BRITA 1 – (Família AF 1-AD).....	121
<b>FIGURA 4.11</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia FINA e BRITA 2 – (Família AF 2-AD).....	122
<b>FIGURA 4.12</b> – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia FINA e BRITA 1+BRITA 2 – (Família AF 3-AD).....	123
<b>FIGURA 4.13</b> – Avaliação da resistência à compressão e consumo de cimento para concretos convencionais confeccionados com areia média e fina para as relações água/cimento (a/c) fixadas em 0,40 - 0,45 - 0,50 - 0,55 - 0,60 - 0,65 e 0,70.....	131
<b>FIGURA 4.14</b> – Avaliação do consumo x resistência para concretos confeccionados com areia média, com e sem aditivo plastificante tipo “P”.....	136
<b>FIGURA 4.15</b> – Avaliação do consumo x resistência para concretos confeccionados com areia fina, com e sem aditivo plastificante tipo “P”.....	136
<b>FIGURA 4.16</b> – Avaliação da umidade da mistura (H) em função do teor de agregado total (m) para concretos confeccionados com areia média e areia fina.....	137
<b>FIGURA 4.17</b> – Avaliação comparativa do comportamento da lei de Lyse quando expressa por uma reta ou por uma equação polinomial de grau 2.....	138

---

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.1</b> - Ensaio de resistência à compressão de algumas obras de Maringá e região .....	2
<b>TABELA 2.1</b> – Síntese cronológica da evolução dos métodos de dosagem do concreto no exterior e no Brasil.....	11
<b>TABELA 2.2</b> – Parâmetros de dosagens em função da trabalhabilidade, da resistência mecânica e do custo .....	13
<b>TABELA 2.3</b> – Avaliação comparativa entre os principais métodos de dosagem de concreto utilizados no Brasil .....	19
<b>TABELA 2.4</b> – Valores do desvio-padrão de dosagem (Sd) em função das condições de preparo do concreto .....	22
<b>TABELA 2.5</b> – Proposta de alteração dos valores do desvio-padrão de dosagem (Sd), segundo estudos de Paulo R. L. Helene .....	23
<b>TABELA 2.6</b> – Relações água/cimento máximas permissíveis para concretos submetidos à condições severas .....	26
<b>TABELA 2.7</b> – Classes de agressividade ambiental em função do meio onde se insere a estrutura .....	27
<b>TABELA 2.8</b> – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto .....	28
<b>TABELA 2.9</b> – Valores da relação água/mistura seca (H) em função do Diâmetro Máximo Característico do agregado e do tipo de adensamento .....	29
<b>TABELA 2.10</b> – Porcentagens de cada agregado para misturas cimento:agregado com uma dada Diâmetro Máximo Característico ( $\Phi_{\text{máx.}}$ ).....	30
<b>TABELA 2.11</b> – Valores iniciais da relação água/mistura seca (H) em função do tipo de agregado graúdo e da forma de adensamento .....	34
<b>TABELA 2.12</b> – Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do abatimento da mistura .....	39
<b>TABELA 2.13</b> – Volume compactado seco (Vpc) de agregado graúdo por metro cúbico de concreto .....	41
<b>TABELA 2.14</b> – Proporções entre britas que possibilitam o menor volume de vazios inter-grãos .....	41
<b>TABELA 2.15</b> – Consistência do concreto em função do elemento estrutural para o caso do adensamento mecânico .....	46
<b>TABELA 2.16</b> – Valores da relação água/cimento (a/c) em função das condições de durabilidade do concreto. ....	47
<b>TABELA 2.17</b> – Valores da relação água/mistura seca (H) em função da Dimensão Máxima Característica do agregado graúdo e do tipo de adensamento .....	48
<b>TABELA 2.18</b> – Exemplo de cálculo para acréscimos de cimento e areia na determinação experimental do teor de argamassa ideal no método IPT/EPUSP.....	50

---

<b>TABELA 2.19</b> – Parâmetros de referência para eventuais ajustes no traço definitivo obtido pelo método IPT/EPUSP .....	52
<b>TABELA 2.20</b> – Porcentagem de agregados na composição da mistura, em função do tipo de agregado graúdo utilizado na confecção do concreto .....	54
<b>TABELA 2.21</b> -Limites granulométricos para agregado miúdo .....	63
<b>TABELA 2.22</b> – Tempo mínimo de cura em função do tipo de cimento Portland e da relação água/cimento .....	65
<b>TABELA 2.23</b> - Principais fatores intervenientes no resultado da resistência à compressão potencial do concreto medido nos corpos-de-prova.....	66
<b>TABELA 2.25</b> - Requisitos de desempenho dos concretos confeccionados com diferentes tipos de aditivos .....	72
<b>TABELA 3.1</b> – Alguns dados estatísticos relacionados a cidade de Maringá/Pr - 2001.....	74
<b>TABELA 3.2</b> - Principais portos fornecedores de areia lavada que abastecem a cidade de Maringá e região.....	75
<b>TABELA 3.3</b> - Relação dos ensaios propostos a serem feitos nas amostras de agregados e aglomerante .....	80
<b>TABELA 3.4</b> – Ensaio de Avaliação dos Índices de Qualidade dos Agregados .....	83
<b>TABELA 3.5</b> – Ensaio físicos e químicos do cimento CII-Z-32 produzidos pela Votorantin Cimentos – (Valores Médios) .....	84
<b>TABELA 3.6</b> – Especificação das famílias dos diferentes tipos de concretos .....	85
<b>TABELA 3.7</b> – Traços utilizados na definição dos parâmetros do diagrama de dosagem das famílias de traço .....	86
<b>TABELA 3.8</b> – Exemplo de cálculo para acréscimos de cimento e areia na determinação experimental do teor de argamassa ideal no método IPT/EPUSP.....	87
<b>TABELA 3.9</b> – Relação água/cimento utilizados nos traços de referência .....	90
<b>TABELA 3.10</b> – Identificação das famílias de concreto que constituem os ábacos de dosagem.....	92
<b>TABELA 3.11</b> – Expressões dos modelos transformados utilizados na comparação de funções lineares. ....	92
<b>TABELA 3.12</b> – Ensaio Comparativos de Aditivos Plastificantes do tipo “P” .....	94
<b>TABELA 4.1</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 – Famílias (1 – 2 – 3).....	98
<b>TABELA 4.2</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 2 – Famílias (4 – 5 – 6).....	99
<b>TABELA 4.3</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 + BRITA 2 - Famílias (7 – 8 – 9).....	100
<b>TABELA 4.4</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 – Famílias (10 – 11 – 12) .....	101
<b>TABELA 4.5</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 2 – Famílias (13 – 14 – 15) .....	102

---

<b>TABELA 4.6</b> - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1+ BRITA 2 - Famílias (16 – 17 – 18).....	103
<b>TABELA 4.7</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (1-AD ; 2-AD).....	104
<b>TABELA 4.8</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (3-AD ; 4-AD).....	105
<b>TABELA 4.9</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 + BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (5-AD ; 6-AD) .....	106
<b>TABELA 4.10</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (7-AD ; 8-AD).....	107
<b>TABELA 4.11</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (9-AD ; 10-AD).....	108
<b>TABELA 4.12</b> - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 + BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (5-AD ; 6-AD) .....	109
<b>TABELA 4.13</b> – Comparação entre as funções lineares das curvas do diagrama de dosagem e as curvas do ábaco de dosagem utilizando a distribuição F, com nível de significância de 5% e grau de liberdade $\alpha$ e $\beta$ .....	110
<b>TABELA 4.14</b> – Dimensionamento de um traço em massa, utilizando o ábaco de dosagem (Família AM-1) .....	125
<b>TABELA 4.15</b> – Dimensionamento em volume de um traço utilizando o ábaco de dosagem.....	126
<b>TABELA 4.16</b> – Avaliação da sensibilidade das expressões analíticas das curvas obtidas para os ábacos de dosagem para os CONCRETOS CONVENCIONAIS .....	129
<b>TABELA 4.17</b> – Avaliação da sensibilidade das expressões analíticas das curvas obtidas para os ábacos de dosagem para os CONCRETOS ADITIVADOS .....	130
<b>TABELA 4.18</b> – Valores dos parâmetros resistência x consumo para concretos convencionais confeccionados com areia média, areia fina e abatimento de 60+10mm .....	132
<b>TABELA 4.19</b> – Variações percentuais dos parâmetros resistência e consumo para os concretos convencionais confeccionados com areia média, areia fina e abatimento de 60+10mm .....	132
<b>TABELA 4.20</b> - Avaliação comparativa entre concretos aditivados e convencionais para os concretos confeccionados com areia média e abatimento de 60+10mm...	134
<b>TABELA 4.21</b> – Avaliação comparativa entre concretos aditivados e convencionais para os concretos confeccionados com areia fina e abatimento de 60+10mm..	134

---

<b>TABELA 4.22</b> – Avaliação comparativa dos parâmetros resistência, teor de agregado total, relação água/materiais secos e consumo de cimento entre concretos aditivados e convencionais com abatimento (ST) de 60+10mm.....	135
<b>TABELA 4.23</b> – Avaliação de custo por metro cúbico de concreto, para misturas confeccionadas com abatimento 60+10mm e resistências de dosagem fixadas em 20MPa, 30MPa e 40MPa.....	140
<b>TABELA 4.24</b> – Avaliação comparativa do teor de ar incorporado e/o aprisionado para concretos convencionais e aditivados, confeccionados com areias fina e média.....	143

---

## LISTA DE ABREVIATURAS

**a** - Teor de agregado miúdo seco por quilograma de cimento

**a%** – Porcentagem do agregado miúdo (areia) no agregado total

**a/c** – Relação água/cimento

**A<sub>B</sub>** – Ensaio de Abrasão “Los Angeles” do agregado realizado na graduação “B”

**ABCP** – Associação Brasileira de Cimento Portland

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ACI** – American Concrete Institute

**a<sub>r</sub>** – Teor de ar incorporado e/ou aprisionado por metro cúbico de concreto

**C** – Consumo de cimento por metro cúbico de concreto

**C/E** – Índice de Forma - Relação entre o comprimento e a espessura do grão

**C-10** – Classe de Resistência Característica à Compressão do Concreto, em MPa

**CA** – Componentes e elementos estruturais do concreto armado

**Ca** – Consumo do agregado miúdo (areia) por metro cúbico de concreto

**Cag** – Consumo de água por metro cúbico de concreto

**Cc%** - Porcentagem de cimento

**CDC** – Concreto Dosado em Central

**CIENTEC** – Fundação da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul

**CP** – Componentes e elementos estruturais do concreto protendido

**Cp** – Consumo do agregado graúdo (pedra britada) por metro cúbico de concreto

**CP II Z** – Cimento Portland Composto com adição de Pozolana

**Ev** – Espaços vazios do agregado

**fc** – Resistência à Compressão do Concreto

**fc<sub>28</sub>** – Resistência à Compressão do Concreto aos 28 dias de idade

**fcc** – Resistência Média à Compressão do Cimento Portland

**fck** – Resistência Característica à Compressão do Concreto

**fcm** – Resistência Média à Compressão do Concreto

**H** – Teor de água/materiais secos da mistura

**IBRACON** – Instituto Brasileiro do Concreto

**INT** – Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro

**IPT/EPUSP** – Instituto de Pesquisas Tecnológica do Estado de São Paulo/Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo

---



**ITERS** – Instituto de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul

**m** – Teor de agregado total da mistura seca por quilograma de cimento

**MF** – Módulo de Finura do Agregado

**MFa** – Módulo de Finura do agregado miúdo (areia)

**MFb** – Módulo de Finura do agregado graúdo (pedra britada)

**MFm** – Módulo de Finura da Mistura

**MFt** – Módulo de Finura do Agregado Total

**MPa** – Mega Pascal, unidade de tensão

**MUc** – Massa unitária compactada do agregado graúdo por metro cúbico de concreto

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentada

**NFR** – Não foi realizado

**NM** – Norma Mercosul

**p** - Teor de agregado graúdo por quilograma de cimento

**p%** - Porcentagem do agregado graúdo no agregado total

**Sc** – Desvio-padrão do processo de produção e ensaios de resistência do concreto

**ST** – Slump Test, ensaio de abatimento pelo cone de Abrams

**Tar** = Teor de ar incorporado e/ou aprisionado

**UEM** – Universidade Estadual de Maringá

**Vc** – Coeficiente de variação do processo de produção e ensaios de resistência do concreto

**Vm** – Volume do agregado miúdo por metro cúbico do concreto

**Vpc** – Volume compactado seco do agregado graúdo por metro cúbico do concreto

---

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma$  – Resistência à Compressão do Concreto

$\phi_{\text{máx}}$  – Diâmetro Máximo Característico do Agregado

$\gamma_c$  – Massa específica do cimento

$\gamma_a$  – Massa específica do agregado miúdo

$\gamma_p$  – Massa específica do agregado graúdo

$\gamma_a$  – Massa específica da água

$\gamma_{cf}$  – Massa específica do concreto fresco

$\alpha$  – Teor de argamassa seca da mistura

$\mu$  – Micro (unidade de medida) =  $10^{-6}$  unidades do metro

# - Peneira de malha quadrada

$F(\alpha, \beta)$  – Teste de Distribuição F com graus de liberdade  $\alpha$  e  $\beta$

$F_{\text{calc}}$  – Valor de F calculado para a comparação com  $F(\alpha, \beta)$  tabelado

---

## RESUMO

### **Curvas de dosagem para concretos convencionais e aditivados confeccionados com materiais da região noroeste do Paraná.**

Várias metodologias de dosagem de concreto, teóricas ou experimentais, têm sido desenvolvidas e utilizadas no meio técnico da engenharia civil. No entanto, estes métodos em sua maioria, exigem uma boa infra-estrutura laboratorial para o desenvolvimento dos experimentos. Desta forma, este trabalho propõe os ábacos de dosagem como uma ferramenta para a obtenção dos parâmetros básicos que caracterizam os concretos a partir da resistência à compressão ( $f_{c28}$ ) requerida pelo concreto ou seja, o teor de argamassa seca ( $\alpha$ ), a relação água/cimento ( $a/c$ ), o teor de agregado total ( $m$ ) e o consumo de cimento por metro cúbico do concreto ( $C$ ) sem que necessariamente se disponha de muito aparato laboratorial.

Estes ábacos, definidos a partir dos diagramas de dosagem propostos pelo Método IPT/EPUSP, têm sua aplicação recomendada em concretos convencionais e aditivados (aditivo plastificante do tipo P) com trabalhabilidade, medidas pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test), de  $30\pm 10$ mm,  $60\pm 10$ mm e  $100\pm 20$ mm para os concretos convencionais e  $30\pm 10$ mm e  $60\pm 10$ mm para os concretos aditivados. Os agregados utilizados, areia lavada, natural, quartzosa (fina e média) e pedra britada de basalto (brita 1 e brita 2) são os disponíveis na região noroeste do Paraná e distribuídos na cidade de Maringá-PR. Utilizou-se como aglomerante o cimento Portland composto com adições de pozolana (CP II-Z-32) e aditivo plastificante do tipo P (CEMIX), fabricado pela empresa Otto Baumgart.

As curvas que caracterizam os ábacos de dosagem são resultados da tabulação dos dados experimentais. O uso de regressões matemáticas e tratamento estatístico dos dados tornaram possível a representação gráfica do comportamento das misturas no que se refere às leis de Abrams, Lyse e Molinari. Por meio de simulação, utilizando traços obtidos dos ábacos de dosagem, são feitas avaliações do uso de misturas com e sem aditivo plastificante, dentre outras coisas, com relação aos agregados utilizados, consumo de cimento e custos das misturas. Medições feitas em laboratório permitiram a avaliação das misturas experimentais no que se refere à incorporação de ar promovido ou não pelo uso do aditivo plastificante.

As configurações gráficas dos ábacos de dosagem permitem a rápida obtenção de traços de concreto. Em decorrência disso, há a possibilidade de facilitar ou mesmo dispensar eventuais adaptações nas misturas quando utilizados agregados similares ou que apresentem poucas diferenças em suas características quando comparados com os utilizados nesta pesquisa.

---

## ABSTRACT

### **Mixture Curves for Conventional and Additive Concrete made with Materials from the Northeast Region of Paraná State**

Several theoretical or experimental concrete mixture methodologies have been developed and used in the civil engineering technical environment. However, these methods, in their great majority, demand a satisfactory laboratorial infra-structure for the experiments performance. Therefore, this study suggests the mixture abacuses as a tool for obtaining the basic parameters that characterize the concrete based on its compression resistance ( $f_{c_{28}}$ ) demanded by the concrete, there is, the dry mortar content ( $\alpha$ ), the water/cement relation ( $w/c$ ), the total aggregates content ( $m$ ), and the consumption of cement by cubic meter of the concrete ( $C$ ), without using a lot of laboratorial apparatus.

These abacuses, defined from the mixture diagrams suggested by IPT/EPUSP method, are recommended for conventional and additive concrete (plastic additive type P) with working process, measured by the cone stem cutting down (Slump Test), of  $30\pm 10$ mm,  $60\pm 10$ mm, and  $100\pm 20$ mm for the conventional concrete, and  $30\pm 10$ mm and  $60\pm 10$ mm for the additive concrete. The aggregates used, there is, the river, natural, and quartzose (fine and media) sand, and the basalt flintstone (flintstone 1 and flintstone 2) are the available ones in the Northwest region of Paraná state and distributed in Maringá city-PR. The Portland cement composed with additions of pozzolana (CP II-Z-32) and plastic additive type P (CEMIX), made by Otto Baumgart company, was used as an agglomerative substance.

The curves that characterized the mixture abacuses area a result from the experimental data tabulation. The use of mathematical regressions and the statistical treatment of the data made the graphic representation of the mixture behavior possible, in what concerns Abrams, Lyse and Molinari laws. By simulation, using tracings obtained from the mixture abacuses, evaluations of the use of mixtures with or without plastic additive are performed, among other things, in relation to the aggregates used, cement consumption and the costs of the mixtures. Measurements performed in the laboratory allowed the experimental mixtures evaluation concerning the air incorporation caused or not by the use of plastic additive.

The graphic configurations of the mixture abacuses allowed the quick obtainment of concrete tracings. As a consequence, there is the possibility of facilitating or even dispensing eventual adaptations in the mixtures when similar or slightly different aggregates concerning their characteristics are used, when compared with those used in this research.

---

# 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

## 1.1 – Introdução

### 1.1.1 – Considerações Gerais

O concreto como material de construção é empregado desde a época do Império Romano, quando se utilizavam as misturas de cal e cinza vulcânica nas suas edificações.

Com o surgimento do cimento Portland (1824) e sua posterior consolidação como material da construção civil, o uso do concreto tornou-se quase que imperativo. Todavia, na fase inicial, as proporções de cimento, agregados e água, eram estabelecidas sem nenhum critério técnico ou científico sendo disponibilizadas e adotadas na forma de “receitas”.

Nos dias atuais, com a evolução dos materiais, das técnicas de cálculos estruturais e o desenvolvimento de novas técnicas construtivas, era de se esperar que as “receitas” de concreto fossem esquecidas no tempo. No entanto, não é isso que acontece nas pequenas e médias obras da construção civil. Pelo que se percebe, as “receitas” ainda vão perdurar em nossos canteiros por muito tempo.

A dosagem racional do concreto, busca da proporção de materiais mais adequada no que concerne aos aspectos técnico e econômico, ainda não é a regra na pequena e média obra da construção civil. Um exemplo disso, está no fato de que o Concreto Dosado em Central (CDC) responde por apenas 18% do concreto produzido no Brasil (*Tecnologia do Concreto Armado em Notícias, 2001*). Se considerada esta informação, resta ainda um universo imenso de concretos que são confeccionados em canteiro.

Segundo o pensamento de muitos engenheiros, um estudo de dosagem racional do concreto, somente se justifica economicamente, para volumes consideráveis deste material. Desta forma, se levado em consideração esta idéia, pode-se concluir que existe um sem número de obras, cuja mistura do concreto é feita utilizando-se de “receitas” difundidas por mestres e até mesmo pelos próprios engenheiros.

Na cidade de Maringá-PR. e região, o uso de concretos produzidos em canteiro, utilizando-se de “receitas”, não foge a esta realidade. Nestes casos, são utilizados traços, onde o proporcionamento dos agregados é feito em volume, a água da mistura é estimada e, normalmente, não são avaliados, pelo menos no aspecto quantitativo, a trabalhabilidade da mistura e o teor de umidade presente na areia.

Uma das conseqüências destes procedimentos na qualidade destas misturas produzidas nos canteiros, é a variabilidade nos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão, realizados em corpos-de-prova amostrados destes concretos.

A *tabela 1.1* apresenta alguns exemplos, de uma relação de obras edificadas na cidade de Maringá e região, que tiveram corpos-de-prova ensaiados à compressão axial. Estes exemplares

---

---

foram moldados e amostrados por mão-de-obra dos canteiros, não havendo, portanto, informações sobre as técnicas de coleta e moldagem dos corpos-de-prova.

A variabilidade de resultados apresentados como exemplos na tabela 1.1, é resultante de uma série de fatores. No entanto, o uso de “receitas”, cuja origem muitas vezes é baseada na utilização de materiais com características distintas dos de uso local, pode ser um fator preponderante nesta variação de resultados, principalmente se considerado que estas “receitas” são processadas de forma empírica, por pessoas despreparadas e em equipamentos rudimentares.

O proporcionamento dos materiais é feito, nos casos em que se faz uso das “receitas”, tomando-se como referência a experiência e a prática de mestres-de-obras que, na maioria das situações, possuem um contestável conhecimento das características necessárias dos materiais que compõem a mistura.

É neste cenário que enquadramos esta pesquisa buscando, em um primeiro momento, conhecer as características dos materiais disponíveis na região de Maringá-Pr. para em seguida, através do estudo de dosagem experimental, propor ábacos de dosagem originários de diagramas determinados pelo método IPT/EPUSP de dosagem de concreto, cujo equacionamento matemático e gráfico, permite a sugestão de traços iniciais ou traços pilotos.

Estes traços pilotos, provenientes de estudo experimental, poderão ser utilizado nos canteiros, após alguns ajustes que se fizerem necessários em função, principalmente, de pequenas alterações nos materiais disponíveis quando comparados com os utilizados nesta pesquisa.

**TABELA 1.1 - Ensaio de resistência à compressão de algumas obras de Maringá e região**

INFORMAÇÕES DA EDIFICAÇÃO		ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS E DO CONCRETO						RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ( $f_{c28}$ ) (MPa)	
LOCAL	TIPO	CIMENTO		AGREGADOS		CONCRETO			
		Tipo	Marca	Miúdo	Graúdo	$f_{ck}$ (MPa)	Abatimento (ST) (mm)		
- Maringá	- Fáb. de Postes	CP V-ARI	-	Areia Lav.	Brita 1	25,0	30±10	29,3	- 37,5
- Cpo Mourão	- Edif. Escolar	CP V-ARI	Cauê	Areia Lav.	Brita 1	15,0	-	11,3	- 11,4
- Cianorte	- Edif. Residencial	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Brita 1	18,0	-	37,5	- 38,9
- Maringá	- Pavimentação	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Brita 1	13,0	30±10	17,5	- 26,4
- Maringá	- Edif. Residencial	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Brita 1	13,5	-	-	- 13,7
- Tapejara	- Barracão Industrial	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Brita 1	15,0	-	18,9	- 19,7
- Maringá	- Pavimentação	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Brita 1	11,0	30±10	-	- 6,1
- Paranavaí	- Edif. Hospitalar	-	-	Areia Lav.	Brita 1	15,0	-	17,0	- 18,4
- Umarama	- Ind. Pré-moldados	CP V-ARI	Votoran	Areia lav.	Brita 1/2	15,0	-	-	- 35,3
- Maringá	- Edif. Escolar	CP II-Z-32	Liz	Areia Lav.	Brita 1	11,0	-	-	- 14,9
- Paiçandú	- Barracão Industrial	-	-	Areia Lav.	Brita 1	15,0	-	10,2	- 12,3
- Maringá	- Edif. Escolar	CP V-ARI	-	Areia Lav.	Brita 1	18,0	-	-	- 23,6
- Paranavaí	- Edif. Residencial	-	Votoran	Areia Lav.	Brita 2	13,5	-	-	- 26,8
- Maringá	- Barracão Industrial	CP II-Z-32	Votoran	Areia Lav.	Bo + B1	15,0	-	14,6	- 14,9
- Maringá	- Edif. Residencial	CP II-E-32	Liz	Areia Lav.	Brita 1	15,0	-	23,3	- 23,9

FONTE: *Laboratório de Materiais de Construção / Universidade Estadual de Maringá – Maringá-Pr. (2001)*

## 1.2 - Objetivos

### 1.2.1 – Objetivo Geral

A obtenção de ábacos de dosagem para concretos convencionais e concretos aditivados (aditivo plastificante) determinados experimentalmente que permitam, por meio do equacionamento matemático e gráfico, fornecer os parâmetros iniciais da mistura fresca do concreto (relação água/cimento, relação água/mistura seca, teor de agregado total e consumo de cimento por metro cúbico de concreto), aplicáveis a misturas que apresentem trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test), de  $30\pm 10\text{mm}$ ,  $60\pm 10\text{mm}$  e  $100\pm 20\text{mm}$  para os concretos convencionais e  $30\pm 10\text{mm}$  e  $60\pm 10\text{mm}$  para os concretos aditivados.

### 1.2.2 – Objetivos Específicos

- Identificar a tipologia e as características físicas e granulométricas dos agregados miúdos e graúdos, oriundos da região noroeste do Estado do Paraná, disponíveis na cidade de Maringá-Pr.
- Confeccionar, com os materiais disponíveis na cidade de Maringá, dosagens experimentais de concreto, utilizando o Método de Dosagem IPT/EPUSP para definir famílias de traços através do Diagrama de Dosagem proposto pelo método;
- Avaliar e tabular os dados obtidos experimentalmente de maneira que o seu equacionamento matemático e gráfico permita a obtenção dos ábacos de dosagem que forneçam os traços iniciais de concreto que necessitem de poucos ajustes para uso corrente nos canteiros de obra.
- Recomendar, em função dos resultados obtidos, quais os tipos de agregados que conduzem a misturas mais econômicas, para uma dada resistência.

## 1.3 - Hipótese Geral

A granulometria dos agregados influi no proporcionamento do concreto quando se deseja atingir uma dada resistência mecânica do concreto. Qualquer alteração significativa na granulometria do agregado miúdo influi, não só na resistência mecânica, como também na trabalhabilidade e na consistência da mistura fresca.

## 1.4 - Limitações da pesquisa

Estes ábacos de dosagem, terão a princípio, sua aplicação em concretos a serem confeccionados com agregados que apresentem as características físicas e granulométricas similares aos materiais disponíveis na região de Maringá-PR. Ou seja, areia natural, quartzosa e pedra britada de basalto. Como aglomerante, por ser o mais fácil de ser encontrado na região, foi utilizado o cimento Portland Composto com adição de Pozolana (CP II Z-32) e aditivo plastificante do tipo P.

No aspecto de resistência à compressão os ábacos são indicados para os concretos da classe C-10 a C-40 respeitando-se as limitações para os valores da relação água/cimento propostos pela norma NBR 6118/2003 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

---

### 1.5 – Estruturação básica do trabalho

Esta pesquisa, de cunho eminentemente experimental, foi desenvolvida tomando como base os dados e resultados obtidos em laboratório. No sentido de ordenar e sistematizar as informações coletadas durante o estudo, estruturou-se esta dissertação obedecendo a seguinte seqüência:

- 1° - No capítulo 2 são feitas considerações sobre a dosagem do concreto, métodos de dosagem, propriedades do concreto no estado fresco e endurecido e, finalmente, são apresentadas algumas informações relativas ao uso de aditivos, especialmente para o caso do aditivo plastificante do tipo P, que foi o utilizado nos experimentos desta pesquisa. São abordados conceitos, definições, princípios e metodologia básica dos 4 principais métodos de dosagens utilizados no Brasil (Método do Instituto de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), atual CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, o Método do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT), o Método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A (IPT), o Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e o Método IPT/EPUSP de dosagem).
  - 2° - No capítulo 3 são apresentados os procedimentos, métodos e materiais (aglomerante, agregados e aditivo) utilizados para o desenvolvimento dos experimentos. É neste item que são definidos os diagramas de dosagens para as diversas famílias de concreto, utilizando para tal o método de dosagem IPT/EPUSP. São estes diagramas que darão origem aos ábacos de dosagem.
  - 3° - No capítulo 4 são apresentados e analisados as informações obtidas experimentalmente, tanto para o caso dos concretos convencionais quanto para os concretos aditivados. Os resultados são apresentados na forma de tabelas e figuras. É neste ponto que são definidos os ábacos de dosagens para os diversos abatimentos, medidos pelo tronco de cone (Slump Test) adotados na pesquisa ou seja:  $30 \pm 10$ mm,  $60 \pm 10$ mm e  $100 \pm 20$ mm para os concretos convencionais e  $30 \pm 10$ mm e  $60 \pm 10$ mm para os concretos aditivados. Foram utilizados para tanto, o ferramental matemático e estatístico que auxiliaram na definição das expressões algébricas que representam as leis de comportamento para os 4 quadrantes do ábaco de dosagem (Lei de Abrams, Lyse, Molinari e 4° quadrante).
  - 4° - Por fim, são apresentadas no capítulo 5, as conclusões da pesquisa e sugestões para estudos futuros no que se refere ao tema relacionado neste estudo.
-



## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Dosagem de Concreto

Para o cidadão comum, o material concreto nada mais é do que a mistura de cimento, areia, pedra e água. No meio técnico o concreto é entendido, quando visto de uma maneira simplista, como o resultado da combinação de cimento, agregado, água e em algumas situações aditivos.

Expressões como dosagem e traço ainda confundem engenheiros e usuários do concreto. Tango (1993) entende a palavra dosagem como “*o ato de dosar ou o conjunto de procedimentos e decisões que permitem o estabelecimento do traço de concreto*”, enquanto que traço “*é a forma de se dizerem as doses, que são proporções relativas, ou quantidades dos materiais que constituem o concreto*”.

Assim, estabelecer um traço de concreto pode parecer uma tarefa simples, principalmente quando não se têm em conta as questões relacionadas à qualidade, segurança, durabilidade e viabilidade econômica da estrutura do concreto. Sob estes aspectos, a obtenção de um traço que forneça um concreto com as qualidades técnicas desejáveis para a engenharia atual, vai além da simples mistura de seus constituintes básicos, havendo a necessidade de se estabelecer o estudo da dosagem do concreto.

Basilio (1977) conceitua que a dosagem de concreto não é tão complexa de forma que não se possa apresentar solução, mas também não é tão simples a ponto de tornar-se o mero manuseio de umas poucas fórmulas matemáticas. No seu entender, deve-se dosar o concreto para determinar as proporções mais adequadas entre os diversos componentes da mistura com o objetivo de atender principalmente aos requisitos da:

- a) Resistência da obra;
- b) Ser suficientemente durável no ambiente em que for colocado;
- c) Ter uma aparência satisfatória quando ficar em exposição;
- d) Atender satisfatoriamente às condições de mistura, transporte, lançamento e adensamento e;
- e) Ser o mais econômico possível.

Assim este autor entende a dosagem de concreto como “a técnica e a arte de fixar as quantidades dos seus elementos componentes de modo a garantir-lhe as características exigidas quer em sua fase plástica, quer após o endurecimento”.

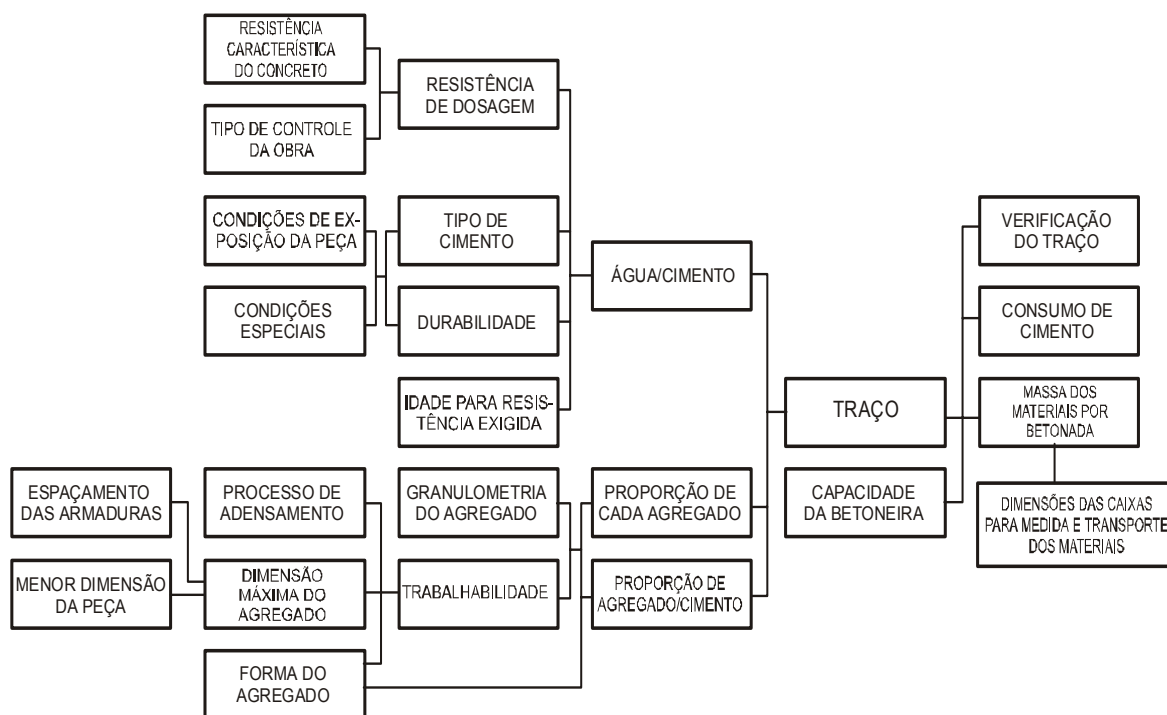
Sobral (1980) apresenta como objetivo principal da dosagem do concreto “*...encontrar a mistura mais econômica para a obtenção de um concreto com características capazes de atender às condições de serviço, utilizando os materiais disponíveis*”. Como decorrência, entende este autor que para um estudo de dosagem faz-se necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

- a) Condições ambientais;
  - b) Resistência característica do concreto;
  - c) Padrão de qualidade da obra;
  - d) Idade para a resistência exigida;
-

- e) Processo de adensamento a ser utilizado;
- f) Dimensões das peças e espaçamento das barras das armaduras;
- g) Granulometria dos agregados;
- h) Capacidade da betoneira.

O estudo das variáveis presentes na dosagem do concreto é um passo importante na busca de uma mistura que apresente valores mínimos para determinadas características da forma mais econômica possível. Assim Neville (1982) entende que a dosagem do concreto pode ser definida como “o processo de selecionar os componentes adequados do concreto, determinar as respectivas quantidades relativas com o objetivo de se obter da maneira mais econômica possível, um concreto com certas características mínimas, especialmente a consistência, a resistência e a durabilidade”.

Silva (1991) considera que no estudo da dosagem do concreto faz-se necessário conhecer as características da obra, dos materiais e do concreto. Em decorrência disso, conceitua a dosagem experimental como “a determinação das porcentagens dos componentes do concreto, de modo a se obter um concreto econômico, adequado às condições da obra, usando-se os materiais disponíveis”. A figura 2.1 mostra, segundo esta autora, quais seriam as principais etapas na execução de uma dosagem experimental de concreto.



**FIGURA 2.1** – Fluxograma de execução da dosagem experimental do concreto.  
(Sobral apud Silva, 1991)

Helene & Terzian (1993) e Rodrigues (1998) consideram a dosagem do concreto como um processo abrangente, envolvendo conhecimentos das propriedades físicas e mecânicas do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido. Assim, conceituam a dosagem do concreto como sendo o proporcionamento adequado dos materiais cimento, água, agregados e, eventualmente, aditivos, de maneira que a mistura atenda aos requisitos de:

- a) No estado fresco, possuir trabalhabilidade adequada de tal forma que permita o transporte, lançamento e adensamento sem a ocorrência da segregação;
- b) No estado endurecido, atenda as condições especificadas no projeto da obra que se refere a resistência mecânica, durabilidade, permeabilidade dentre outros, compatíveis com as solicitações impostas pelas condições do meio e uso a que estará sujeita a obra acabada e;
- c) Quando atendidas dentre outras propriedades, as questões de resistência, durabilidade e permeabilidade, exigidas para o concreto, a mistura apresente custo que torne a obra viável economicamente.

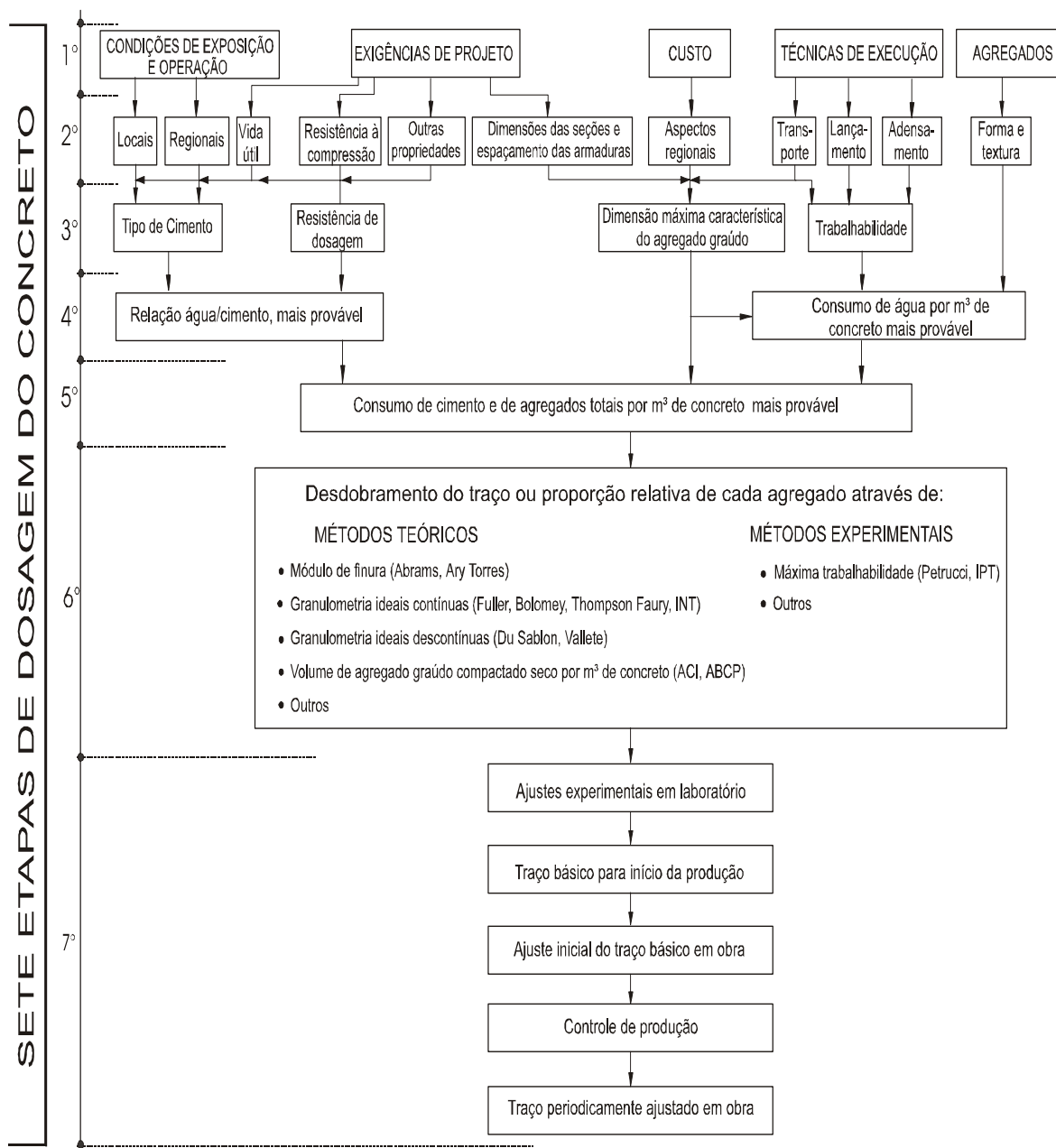
Mehta & Monteiro (1994) consideram a dosagem do concreto “*mais uma arte que uma ciência*” uma vez que com o entendimento dos princípios básicos e com alguma prática, o proporcionamento dos materiais na mistura pode ser dominado.

No entendimento destes autores, o proporcionamento do concreto pode ser resumido como “*a escolha dos materiais adequados entre aqueles disponíveis e a determinação da combinação mais econômica destes, de forma que produza um concreto que atenda a características estabelecidas previamente, principalmente no que se refere à trabalhabilidade e resistência mecânica*”. Considerando estes aspectos, apregoam que a dosagem do concreto deve ser estabelecida de forma que a mistura:

- a) Apresente um desempenho que atenda a trabalhabilidade, quando no estado fresco e a resistência quando no estado endurecido;
- b) Tenha um bom desempenho físico e mecânico com o mínimo de custo.

A figura 2.2 apresenta as principais etapas no estudo de dosagem do concreto segundo a proposição de Helene & Terzian, (1993).

---



**FIGURA 2.2** – As sete principais etapas a serem consideradas em um estudo de dosagem do concreto para obras correntes (Helene & Terzian, 1993).

Rodrigues (1998) entende a dosagem de concreto como um processo abrangente, salientando que “... é impossível levar-se em consideração todos os parâmetros de dosagem em um único método. Há a necessidade de se fazer uma mistura experimental e eventuais correções, encontrando-se então o traço definitivo a ser utilizado na obra”. A figura 2.3 mostra os principais parâmetros que segundo este autor, devem ser considerados no estudo de dosagem.

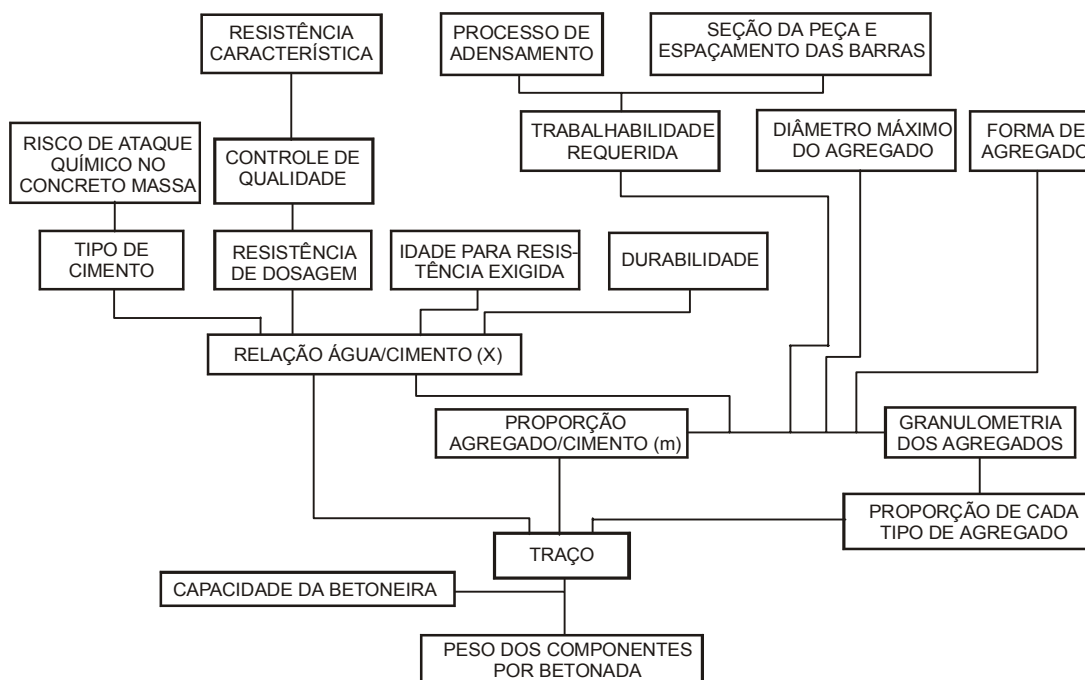


FIGURA 2.3 – Principais elementos considerados na dosagem de concreto (Rodrigues, 1998)

## 2.2 – Métodos de Dosagem do Concreto

### 2.2.1 - Breve Histórico

O concreto ocupa um lugar de destaque entre os materiais de construção e tem o seu uso generalizado e consagrado nos dias atuais. O avanço na tecnologia dos materiais, aliado aos avanços das pesquisas nos campos tecnológico e científico, têm contribuído para a evolução deste material, uma vez que o concreto tem sido objeto de estudos e pesquisas que resultam em conhecimentos relativos à durabilidade, fluência, retração e outros parâmetros relacionados à reologia do concreto.

A obra “Manual de Dosagem e Controle de Concreto” de Helene & Terzian (1993), mostra a evolução dos métodos de dosagem situando-os cronologicamente como se segue:

- |   |             |
|---|-------------|
| a) Princípios da tecnologia de cimentos, argamassas e concretos | 1818 a 1891 |
| b) Fundamentos dos métodos clássicos de dosagem                 | 1892 a 1951 |
| c) Consideração dos Parâmetros estatísticos                     | 1936 a 1978 |
| d) Teorias abrangentes  | 1950 a 1978 |
| e) Aperfeiçoamento e simplificações dos parâmetros de dosagem   | 1958 a 1990 |

A instalação do Gabinete de Resistências dos Materiais em 1899, que seria identificado em 1934 como Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, pela Politécnica da Universidade de São Paulo, é considerado por Helene & Terzian (1993) como o marco inicial da

Tecnologia no Brasil considerando-se que primeiros ensaios de cimento, cales, metais e madeiras realizados à época, foram executados por este laboratório.

Neste trabalho, os autores relacionam diversos fatos históricos que contribuíram para o estudo e conhecimento do concreto no Brasil, dentre os quais pode-se relacionar:

- A publicação do Boletim EPUSP n° 1 (1927) sob a denominação de “*Dosagem do Concreto*” que apresenta o método de dosagem proposto por Ary Frederico Torres. Esta metodologia prioriza o Módulo de Finura da Mescla ou do Agregado Total;
- O surgimento em 1933 do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), cujos pesquisadores foram os pioneiros no uso de parâmetros característicos dos materiais e aplicações da estatística nos resultados dos ensaios. Foi no INT que Fernando Luis Lobo Carneiro apresentou o seu método de dosagem (1937) que apresentava como característica principal, a utilização de Curvas Granulométricas Ideais da Mistura Total de Materiais Secos.
- Nas décadas de 30, 40 e 50 as cartilhas de traços de concreto elaboradas por Abílio de Azevedo Caldas Branco surgiram como agentes simplificadores das misturas de concreto;
- Em 1951 Eládio Petrucci apresenta o método desenvolvido no ITERS – Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. O método, eminentemente experimental, busca a composição que conduza a máxima trabalhabilidade dos concretos. Petrucci tem o seu método adotado pelo IPT em 1978.
- Em 1965 Francisco de Assis Basilio, pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), apresenta um resumo das práticas correntes de dosagem de concreto no Brasil à época. Destacam-se as metodologias do INT, IPT, ITERS e da ABCP. Segundo Helene & Terzian (1993), a metodologia difundida pela ABCP confundia-se com a metodologia do IPT.
- A fundação em 1971/72, por meio dos pesquisadores Gilberto Molinary (IPT), Basilio, Petrucci, Bauer, Kuperman, Prizskulinz e outros, do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON).
- A publicação em 1984 do estudo técnico intitulado “Parâmetros de Dosagem do Concreto” elaborada por Publio Penna Firme Rodrigues. Este trabalho é apresentado pela ABCP como uma metodologia experimental de dosagem adaptada às condições brasileira, tomando como referência o método do American Concrete Institute (ACI) (ACI 211-1), notadamente no que se refere aos agregados utilizados na mistura.

A tabela 2.1, transcrita da obra publicada por Helene & Terzian em 1993, apresenta de forma sucinta algumas outras questões que mostram como foi a evolução dos métodos de dosagens de concreto em termos nacionais e internacionais.

---

**TABELA 2.1** – Síntese cronológica da evolução dos métodos de dosagem do concreto no exterior e no Brasil (*Helene & Terzian, 1993*)

PERÍODO	PESQUISADOR	CONTRIBUIÇÃO
Até 1891	Saint-Léger 1818	- Processo de fabricação cales hidráulicas artificiais
	Joseph Aspdin 1824	- Processo de fabricação do cimento Portland
	Louis Vicat 1828	- Importância da granulometria da areia: inconvenientes do excesso de água
	Rondelet 1830	- Finura da areia é fundamental
	Preádeau 1881	- Fundamento da granulometria descontínua
	Le Châtelier 1887	- Identifica os compostos principais do cimento
"Princípios da Tecnologia de cimentos Argamassas e Concretos"	Paul Alexandre 1888	- Introduz o conceito de água de molhagem dos agregados
	René Feret 1892	- Lei fundamental de correlação entre resistência e compacidade
1982 a 1951 <sup>a</sup>	Fuller 1901	- Curva de referência (parábola) para granulometria ideal
	Duff Abrams 1918	- Lei universal aceita de correlação entre resistência e relação água/cimento; módulo de finura; cone de abatimento para medida de consistência
	Bolomey 1925	- Melhora a curva de referência de Fuller
	Ary Torres 1927	- Confirma os modelos de Feret e Abrams e propõe o método do módulo de finura no Brasil
	Du Sablon 1927	- Princípios de granulometria contínua
	Inge Lyse 1931	- Demonstra a importância da água por unidade de volume na definição da consistência do concreto
	Lobo Carneiro 1937	- Método de dosagem do INT com base nas curvas de Bolomey
	Blanks 1944	- Texto consensual do ACI (na época 613, atual 211)
	Vallete 1949	- Método de dosagem com base na granulometria descontínua e água de molhagem
	Petrucci 1951	- Método de dosagem do ITERS – criação própria
1936 a 1978	Paulo Sá 1936	- Aplicação da estatística às características das madeiras
	Oliveira 1939	- Aplicação da estatística ao controle da resistência do concreto
	Walker 1944	- Aplicação dos conceitos da probabilidade à dosagem do concreto (1%)
	Morgan 1944	- Dosagem do concreto com base a resistências mínimas (1%)
	Lobo Carneiro 1944	- Dosagem do concreto com base a resistências mínimas (2,5%)
	Leme 1953	- Conceito moderno de coeficiente de segurança
	C&CA 1954	- Simpósio sobre dosagens e controle de qualidade do concreto
	Basilio 1954	- Influência do coeficiente de variação na dosagem
	ABNT, NB-1 1960	- Adota exclusivamente o coeficiente de variação como parâmetro característico da produção do concreto
	CEB, CIB, FIP, Rilem 1972	- Privilegia o desvio padrão como parâmetro característico da produção do concreto
ABNT, NBR-6118 1978	- Adota exclusivamente o desvio-padrão como parâmetro característico da produção do concreto	
1950 a 1978	L 'Hermite 1950	- Introduz o modelo reológico para representar o comportamento do concreto fresco
	Tatersall 1957	- Aprofunda os estudos de reologia
	Bombled 1968	- Aprofunda os estudos de reologia do concreto fresco correlacionando-o ao concreto endurecido
	Powers 1968	- Propõe um modelo abrangente de dosagem
	Sobral 1977	- Analisa os modelos de Powers, no Brasil
	Camargo 1977	- Propõe uma representação do comportamento resistente integral do concreto
	Priszkulnik 1977	- Analisa os modelos reológicos
Tattersall 1978	- Publica um resumo das teorias sobre reologia e trabalhabilidade dos concretos frescos	
1958 a 1990	Kurt Wals 1958	- Introduz a curva de referência da resistência do cimento com a relação água/cimento, que é posteriormente adotada em vários países
	Murdok 1960	- Apresenta uma fórmula simplificada de representação dos fatores que influem na trabalhabilidade
	Popovics 1968	- Apresenta critérios simples e práticos utilizáveis para os ajustes experimentais do traço teórico
	Fusco 1979	- Ressalta a importância da variabilidade da resistência do cimento sobre a resistência do concreto
	Rodrigues 1990	- Apresenta a versão nacional do método de dosagem do ACI incluindo parâmetros obtidos de correlações atualizadas
"Aperfeiçoamento e simplificações dos parâmetros de dosagens"		

### 2.2.2 – Dosagem Experimental do Concreto.

É evidente a importância e é consenso a viabilidade técnica e econômica do concreto, o que justifica o seu uso para os mais variados fins. Sob estes aspectos ganha importância a dosagem do concreto uma vez que sua produção é simples e seus principais constituintes são relativamente baratos.

O concreto e as metodologias de dosagem evoluíram consideravelmente ao longo dos últimos tempos. Um exemplo disso é mostrado por Basilio (1997) quando apresenta uma especificação do concreto utilizado em 1890, que determina:

*“O concreto deve ser formado de pedra britada sã ou seixo rolado, para serem misturados em caixas adequadas, com argamassa da qualidade descrita (uma parte de cimento para duas partes de areia e uma moderada dose de água) na proporção de quatro partes de pedra para uma parte de cimento; será colocado imediatamente após a mistura e fortemente compactado por meio de um soquete até que a água apareça na superfície. O montante de água utilizado para a fabricação do concreto será aprovado ou dirigido pelo engenheiro”.*

Quando se elaborou esta especificação para o concreto, não se pensava pelo menos segundo os preceitos atuais, sobre questões relacionadas à durabilidade, retração, reologia da pasta entre outras. Não se dispunha à época de conhecimentos, técnicas e equipamentos para tal.

Passaram-se os anos e surgiram termos como “dosagem empírica”, “dosagem racional”, que alguns autores preferem denominar “dosagem experimental”, e conseqüentemente surgiram os chamados métodos de dosagem do concreto. Vasconcelos *apud* Boggio (2000) sugere que um estudo de dosagem racional deve nortear-se fundamentalmente por:

- a) Fixar medidas que assegurem, com uma margem de erro previamente estabelecida, as propriedades do concreto após o seu endurecimento, garantindo suas especificações;
- b) Fixar parâmetros que assegurem a trabalhabilidade indispensável à perfeita e fácil moldagem das peças, de forma que se garanta a homogeneidade da mistura ao término das operações de adensamento;
- c) Fixar medidas que permitam maior economia na produção do concreto, sem prejuízos para as suas propriedades tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Para determinar-se um traço de concreto, várias metodologias de dosagem têm sido desenvolvidas e utilizadas no meio técnico da engenharia civil. A figura 2.2 proposta por Helene & Terzian (1993) apresenta, no que se refere aos métodos de dosagem do concreto, duas linhas de pesquisa, ou seja, os métodos experimentais e os teóricos.

No estudo de dosagem as propriedades do concreto, tanto na condição fresca quanto na endurecida, devem ser consideradas e avaliadas. Portanto, o engenheiro tecnologista pode deparar-se com situações em que o concreto exige compatibilização entre uma dada condição da mistura

---



fresca e aquelas exigidas na condição da mistura endurecida. Alguns exemplos dessas situações são apresentados na tabela 2.2.

**TABELA 2.2** – Parâmetros de dosagens em função da trabalhabilidade, da resistência mecânica e do custo (*Helene & Terzian, 1993*)

PARÂMETROS DE DOSAGEM DO CONCRETO	CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO	PARA REDUÇÃO DO CUSTO
	PARA UMA BOA TRABALHABILIDADE	PARA UMA BOA RESISTÊNCIA	
- Granulometria do agregado miúdo	Preferencialmente fina	Preferencialmente grossa	Grossa
- Relação graúdo/miúdo	A diminuir	a aumentar	a maior possível
- Consumo de água	a aumentar até um certo ponto	a diminuir	a aumentar
- Granulometria total	Preferível contínua	Preferível descontínua	a disponível
- Dimensão máxima característica do agregado	Preferencialmente média	Preferencialmente pequena	a maior possível
- Geometria do grão do agregado graúdo	Preferencialmente esférico (pedregulho)	Preferencialmente irregular (pedra britada)	Esférica (pedregulho)

As situações mostradas na tabela 2.2 exemplificam o quanto o estudo de dosagem pode se tornar complexo principalmente, se levado em consideração que algumas das propriedades do concreto endurecido, tais como resistência, durabilidade e aparência, somente são garantidas se a trabalhabilidade da mistura fresca for compatível com as condições de trabalho e produção (mistura, transporte, lançamento e adensamento) do concreto.

Petrucci (1979) preconiza que, independentemente do método adotado, pode-se fundamentar a dosagem experimental do concreto em três princípios básicos a saber:

1° - VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DO CONCRETO ENDURECIDO EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO

As principais propriedades que estão vinculadas á relação água/cimento (a/c) são as resistências aos esforços mecânicos e resistência aos agentes agressivos no aspecto da durabilidade do concreto.

Com relação aos esforços mecânicos, normalmente utiliza-se como referência a resistência à compressão axial. A expressão analítica que correlaciona a resistência à compressão à relação água/cimento mais utilizada é a proposta por Duff Abrams que estabelece a seguinte lei:

*“Dentro do campo dos concretos plásticos, a resistência aos esforços mecânicos, bem como as demais propriedades do concreto endurecido, variam na razão inversa da relação água/cimento”.* (Abrams *apud* Petrucci, 1979)

A expressão analítica da Lei de Abrams, segundo Petrucci (1979) pode ser representada pela equação (1).

$$\sigma = \frac{A}{B^{(a/c)}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$\sigma$  = Resistência à compressão do Concreto

(a/c) = Relação água/cimento

A= Uma constante que assume valores de ordem de 1.000

B= Constante variável e dependente da idade e qualidade do aglomerante.

No que se refere à durabilidade, Petrucci (1979) sugere a utilização de valores máximos para a relação água/cimento adotados em função do tipo e grau de exposição da estrutura.

Atualmente a norma *NBR 6118/2003 – Projeto de Estruturas de Concreto* recomenda algumas diretrizes no sentido de minimizar os efeitos do envelhecimento e deterioração da estrutura causados tanto por esforços ou ações mecânicas que atuam diretamente sobre a estrutura ou sobre os materiais que a compõem (concreto e aço) como também as ações relativas à agressividade do meio onde se insere a estrutura. Desta forma, esta norma apresenta alguns critérios que atuam sobre o projeto que visam melhorar o desempenho da estrutura sob o aspecto da durabilidade.

Procedimentos relacionados à drenagem, formas arquitetônicas e estruturais, qualidade do concreto, espessura do cobrimento das armaduras, detalhamento das armaduras e medidas que promovam o controle da fissuração, impermeabilidade, inspeção e manutenção preventiva são os quesitos considerados essenciais quando de busca medidas eficientes para o bom desempenho das estruturas de concreto quando avaliadas sob o aspecto da durabilidade.

Assim, considerando a interface existente que correlaciona a relação água/cimento, resistência à compressão e durabilidade do concreto, a norma *NBR 6118/2003* sugere valores máximos para a relação água cimento, adotados em função da agressividade do meio, tipo e classe do concreto. Os valores recomendados deste parâmetro estão apresentados na tabela 2.8.

## 2° - QUANTIDADE DE ÁGUA TOTAL, EM FUNÇÃO DA TRABALHABILIDADE.

Por este princípio é válida a lei de Inge Lyse. Por esta lei, considera-se praticamente constante a quantidade de água total para concretos para uma dada trabalhabilidade, independentemente da variação do traço Cimento: agregado (1:m). A figura 2.4 representa esquematicamente a lei de Lyse.

A expressão analítica da lei de Lyse segundo Carneiro (1953) e Petrucci (1978) é representada pela equação (2).

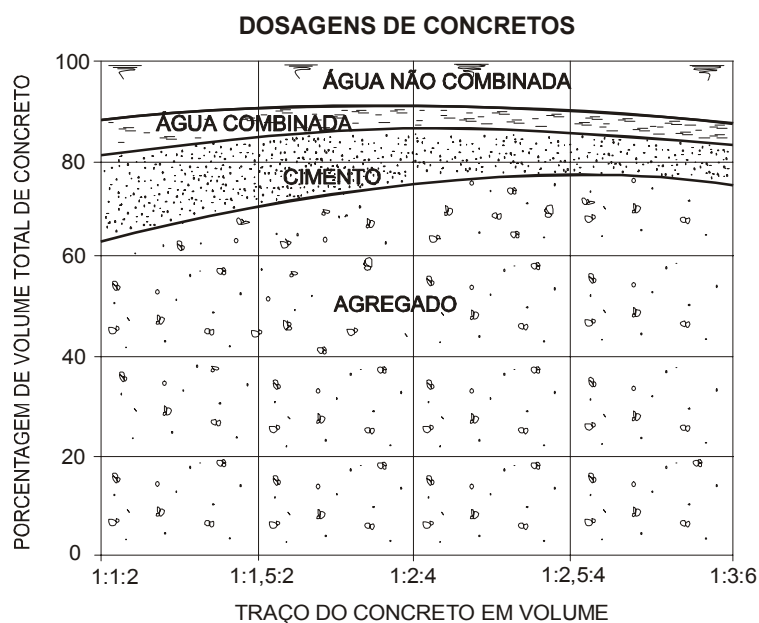
$$(a/c) = \frac{H}{100} * (1 + m) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

H = Teor de água/materiais secos da mistura, expresso em porcentagem (%)

(a/c) = Relação água/cimento

m = Teor de agregado total da mistura seca por quilograma de cimento (kg)



**FIGURA 2.4** – Representação esquemática da lei de Lyse (Petrucci, 1978)

### 3° - GRANULOMETRIA DO CONCRETO

É o proporcionamento dos agregados, isto é, o desdobramento do traço em frações de agregado miúdo e graúdo que irão constituir e definir a granulometria do concreto. Este desdobramento, independentemente do método de dosagem utilizado, pode ser estabelecido através de três formas distintas, a saber:

#### a) MÓDULO DE FINURA ÓTIMO.

A partir de um módulo de finura ótimo pré-estabelecido para o agregado total (agregado miúdo+agregado graúdo) tomando como base valores experimentais de referência regional, estima-se a composição granulométrica do agregado total, em função do módulo de finura dos materiais disponíveis.

Petrucci (1979) sugere para a determinação do Módulo de Finura do Agregado Total (MFt) o uso da equação (3).

$$MFt = \frac{a\% * MFa + (100 - a\%) * MFp}{100} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

MFt = Módulo de finura do agregado total

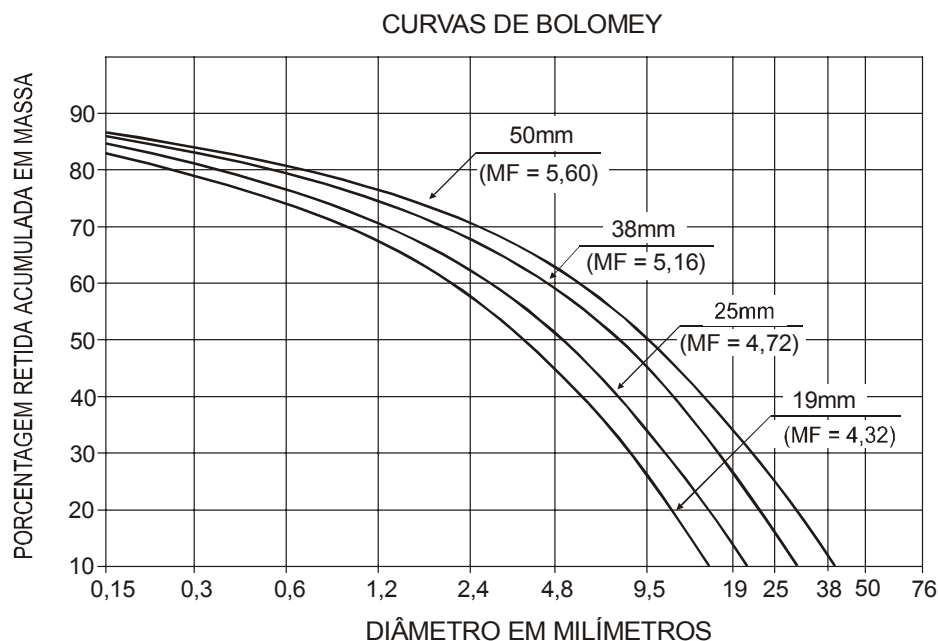
MFa = Módulo de finura do agregado miúdo (areia)

MFp = Módulo de finura do agregado graúdo (pedra britada)

a% = Porcentagem de areia no agregado total

#### b) GRANULOMETRIAS IDEAIS

Tomando-se como referência uma curva ou uma faixa granulométrica ideal para o concreto, estabelecem-se as proporções dos materiais disponíveis, necessários à obtenção de uma curva granulométrica que mais se aproxime da curva ideal, ou que melhor se enquadre em uma faixa granulométrica ideal. A figura 2.5 mostra as curvas granulométricas de referência de Bolomey.



**FIGURA 2.5** – Curvas Granulométricas Ideais para o concreto segundo Bolomey (*Bolomey apud Petrucci, 1979*).

#### c) COMPOSIÇÃO OBTIDA POR DADOS EXPERIMENTAIS.

São métodos experimentais, onde a composição do concreto é feita por via experimental para atender a determinadas exigências (trabalhabilidade, durabilidade, resistência, adensamento entre outras).

Muitos métodos de dosagem têm sido utilizados na engenharia civil. Mehta & Monteiro (1994) por entenderem que os procedimentos de dosagem devem ser elaborados de uma forma que

promovam o equilíbrio entre a trabalhabilidade, resistência, durabilidade e custo do concreto, relacionam uma seqüência de nove itens que, segundo eles, devem ser observados em uma metodologia de dosagem a saber:

- 1° - Escolha do abatimento do tronco de cone;
- 2° - Escolha da dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- 3° - Estimativa da água e do teor de ar;
- 4° - Escolha da relação água/cimento;
- 5° - Estimativa do consumo de cimento;
- 6° - Estimativa do consumo de agregado graúdo;
- 7° - Estimativa do consumo de agregado miúdo;
- 8° - Ajustes devidos à umidade dos agregados;
- 9° - Ajustes nas misturas experimentais.

Na tentativa de demonstrar as principais atividades a serem desenvolvidas no estudo de dosagem, Helene & Terzian (1993) enumeram o que consideram as sete etapas principais no processo de dosagem do concreto a saber:

- 1° - Condições que um estudo de dosagem deve atender;
- 2° - Elementos de referência inicial;
- 3° - Decisões tomadas segundo critérios próprios de cada País ou região;
- 4° - Parâmetros de referência singulares de cada País ou região;
- 5° - Cálculo analítico comum a todos os métodos;
- 6° - Metodologia própria de cada País, instituição ou pesquisador;
- 7° - Ajustes experimentais comuns a todos os métodos.

A dosagem do concreto e por conseqüência, os métodos de dosagem, devem ser regidos por princípios técnicos sólidos. Assim, considerando os vários métodos à disposição dos engenheiros, é salutar que adotem critérios consistentes para a adoção de um determinado método para suas obras.

Boggio (2000) sugere, com referência à escolha de um método de dosagem de concreto, que o engenheiro priorize aquele que:

- a) Tenha sido aplicado intensamente em regiões urbanas de significativa importância econômica do país;
- b) Apresente consistência teórica e experimental;
- c) Apresente facilidade e adequação aos métodos executivos adotados para a obra e aos materiais disponíveis na região.

### **2.2.3 – Métodos de Dosagem do Concreto**

A diversidade dos materiais, as características individuais das obras e as variedades das especificações são alguns exemplos que dificultam a generalização de um método de dosagem no meio técnico da engenharia.

---

No que se refere aos métodos de dosagens, Camargo (1977) justifica as dificuldades em se adotar um método, principalmente em função das condições de preparo (misturas trabalháveis, sistemas de lançamento e adensamento) e a garantia de obtenção de suas propriedades mecânicas no estado endurecido.

No que se refere ao Brasil, é natural, devido as suas dimensões continentais e as características próprias de cada região, que existam várias metodologias de dosagens em uso. Rodrigues (1998) relaciona 4 métodos de dosagem de concreto, bastante empregados nas mais diversas regiões do país, a saber:

- 1 - Método do Instituto de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), atualmente identificado como CIENTEC - Fundação da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul;
- 2 - Método do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT);
- 3 - Método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S A (IPT);
- 4 - Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

Sobral (1980), com referência aos quatros métodos mais usados no Brasil, relaciona como características comuns entre eles:

- a) Os critérios para a fixação do valor da resistência de dosagem;
- b) A determinação da relação água/cimento (a/c) em função da resistência de dosagem;
- c) A determinação da relação água/cimento (a/c) em função da durabilidade do concreto.

Basilio *apud* Sobral (1980), fazendo uma análise comparativa dos métodos de dosagem mais utilizados no Brasil no que se refere à fixação inicial da relação agregado graúdo/agregado miúdo e a determinação do consumo de cimento a partir da relação água/cimento e trabalhabilidade conhecidas, apresenta como principais diferenças as relacionadas na tabela 2.3.

---

**TABELA 2.3** – Avaliação comparativa entre os principais métodos de dosagem de concreto utilizados no Brasil (*Basilio, apud Sobral, 1980*)

MÉTODO DE DOSAGEM DO CONCRETO	RELAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO/MIÚDO	CONSUMO DE CIMENTO
INT – Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro	Em função de uma composição granulométrica que se adapte às curvas padrões	Em função da relação água/cimento e da porcentagem água/mistura seca que por sua vez, depende do diâmetro máximo do agregado e do processo de adensamento
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo <sup>(1)</sup>	Em função dos módulos de finura dos agregados	Tentativas experimentais, em função da trabalhabilidade desejada
ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland	Em função das massas específicas aparente secas dos agregados, determinadas em ensaio padronizado	Com auxílio da rota de igual trabalhabilidade, relacionando o traço à relação água/cimento
ITERS – Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul	Experimentalmente em ensaios realizados com aparelho POWERS ou VEBE	Tentativas, tendo em vista a trabalhabilidade desejada

(1) Este método é aquele apresentado por Petrucci (1979). Atualmente o IPT utiliza o Método de Dosagem IPT/EPUSP.

### 2.2.3.1 – Parâmetros comuns aos principais métodos de dosagem utilizados no Brasil

Conforme citado por Sobral (1980), alguns parâmetros são comuns aos principais métodos de dosagem do concreto utilizados no Brasil. Helene (1987) considera que apesar das diferenças existentes entre as diversas metodologias de dosagens, pode-se relacionar como atividades comuns entre os vários métodos existentes no Brasil:

- O cálculo da resistência de dosagem;
- A correlação entre a resistência à compressão e a relação água/cimento para um determinado tipo e classe de cimento;
- O aumento da resistência com o tempo;
- O consumo de água por unidade de volume para a obtenção da trabalhabilidade requerida;
- O ajuste experimental em laboratório; e
- Correções e ajustes da mistura em obra.

É consenso entre os pesquisadores a dificuldade em se atender todas as características do concreto através de um único método de dosagem. Assim, apresenta-se a seguir, uma avaliação sucinta dos principais parâmetros comuns aos métodos mais utilizados no Brasil, a saber:

- O cálculo da resistência de dosagem;
- Determinação da relação água/cimento em função da resistência à compressão do concreto nas idades de interesse;
- Determinação da relação água/cimento em função da durabilidade do concreto.

#### a) CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE DOSAGEM

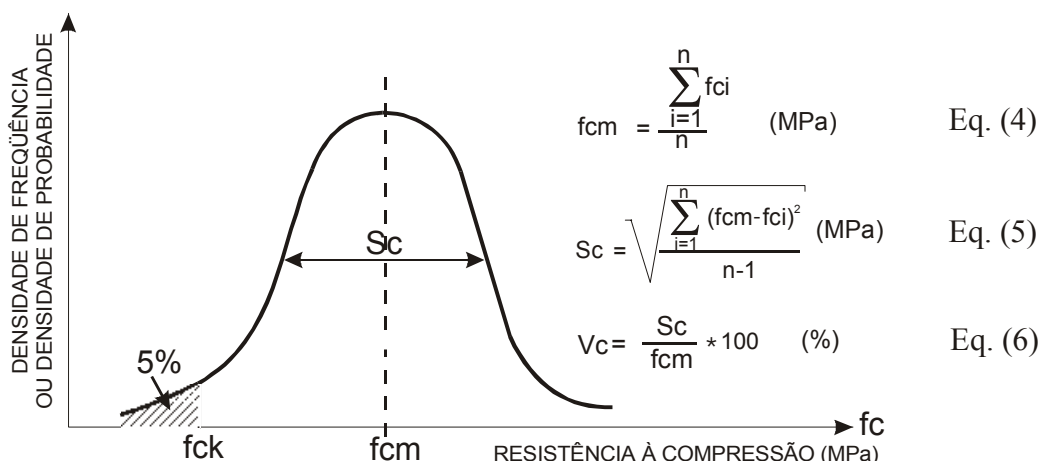
A resistência à compressão do concreto é um parâmetro que depende, dentre outros, da qualidade dos materiais empregados, das proporções da mistura, meios de produção e execução dos ensaios. Considerando que este parâmetro tem como referência os resultados obtidos de corpos-de-prova cilíndricos, cujos valores são variáveis e dependentes da qualidade da produção do concreto, torna-se importante definir uma forma de avaliação da qualidade e a resistência potencial do concreto de uma estrutura.

Desta forma têm-se utilizado modelos estatísticos como forma de melhor representar as variabilidades de resultados obtidos nos corpos-de-prova amostrados no volume de concreto produzido. Basilio *apud* Sobral (1980) e Rusch *apud* Helene & Terzian (1993) apregoam que a dispersão desses resultados individuais ajusta-se bem à distribuição normal de Gauss.

Dafico (1997) sugere que para o calculista “...*interessa saber qual o valor de resistência que tem a mínima probabilidade de ocorrer, não interessando qual o valor médio*”. Helene & Terzian (1993) afirmam que, para definir e qualificar uma produção de concreto, não basta conhecer a média dos resultados. Para esses autores, é necessário conhecer também a variabilidade ou dispersão destes resultados, usando para tal, da medida do desvio padrão ou do coeficiente de variação do processo de produção e ensaio.

Admitindo-se que a função de distribuição de Gauss depende do valor da média e do desvio padrão, e que estes parâmetros estatísticos definem a variabilidade dos resultados em torno da média, introduziu-se o conceito de Resistência Característica a Compressão do Concreto ( $f_{ck}$ ) como sendo o valor da resistência a compressão que apresenta a probabilidade de 5% de não ser alcançado. A figura 2.6 mostra a representação da distribuição normal de Gauss da resistência a compressão do concreto.





**FIGURA 2.6** – Função de distribuição de Gauss da resistência à compressão do concreto (Helene & Terzian, 1993)

A figura 2.6 apresenta algumas notações cujos significados são apresentados a seguir:

$f_{ck}$  = Resistência característica à compressão do concreto (MPa)

$f_{cm}$  = Resistência à compressão média do concreto obtida a  $j$  dias de idade (MPa)

$f_{ci}$  = Resistência à compressão individual de cada um dos exemplares de uma amostra, a  $j$  dias de idade; (MPa)

$S_c$  = Desvio-padrão do processo de produção e ensaio de resistência do concreto obtido de uma ou mais amostra, a  $j$  dias de idade (MPa)

$V_c$  = Coeficiente de variação do processo de produção e ensaio de resistência do concreto obtido de uma ou mais amostras, a  $j$  dias de idade (%)

$n$  = Número de exemplares que constituem a amostra

A norma “NBR 12655/96 – CONCRETO – Preparo, controle e recebimento” no que se refere ao cálculo da resistência à compressão do concreto ( $f_c$ ) a ser estimada para o estudo de dosagem utiliza a expressão representada pela equação (7).

$$f_{c_j} = f_{ck} + 1,65 * S_d \quad \text{Eq.(7)}$$

Onde:

$f_{c_j}$  = Resistência do concreto à compressão na idade de  $j$  dias (MPa)

$f_{ck}$  = Resistência característica à compressão do concreto (MPa)

$S_d$  = Desvio-padrão de dosagem (MPa)

1,65 = Quantidade correspondente a 5% na curva de densidade da distribuição normal de Gauss.

O desvio-padrão de dosagem ( $S_d$ ) avalia as variações decorrentes das etapas de produção do concreto. Assim, a norma NBR 12655/96, em função da condição de preparo do concreto, adota os valores de  $S_d$  transcritos na tabela 2.5.

**TABELA 2.4** – Valores do desvio-padrão de dosagem (Sd) em função das condições de preparo do concreto (NBR 12655, ABNT, 1996)

<b>CONDIÇÕES DE PREPARO DO CONCRETO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>Valor do Sd a ser adotado</b>
<b>CONDIÇÃO “A”</b>	<p>APLICÁVEL ÀS CLASSES C-10 ATÉ C-80</p> <p>O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados</p>	Sd = 4,0MPa
<b>CONDIÇÃO “B”</b>	<p>APLICÁVEL ÀS CLASSES C-10 ATÉ C-25</p> <p>O cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;</p> <p>APLICÁVEL ÀS CLASSES C-10 ATÉ C-20</p> <p>O cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em volume. A umidade do agregado miúdo é determinada pelo menos três vezes durante o serviço do mesmo turno de concretagem. O volume de agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento estabelecida especialmente para o material utilizado.</p>	Sd = 5,5MPa
<b>CONDIÇÃO “C”</b>	<p>APLICÁVEL APENAS AOS CONCRETOS DE CLASSES C-10 E C-15</p> <p>O cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposta na NBR 7273, ou outro método normalizado.</p>	Sd = 7,0MPa

**OBSERVAÇÕES:**

- 1 - Os valores apresentados acima devem ser aplicados no início da obra ou em qualquer situação que não se conheça o desvio-padrão de dosagem (Sd)
- 2 - Para situações em que o desvio-padrão (Sd) seja conhecido, não se deve adotar valor inferior a 2,0MPa

O uso da equação (7) para a estimativa da resistência de dosagem ( $f_{cj}$ ) é consenso entre os pesquisadores nacionais. O mesmo não se pode afirmar quanto aos valores adotados para o desvio-padrão (Sd) utilizado para o cálculo da resistência de dosagem. Os valores de desvio-padrão adotados pela norma NBR 12655/96, têm sido questionados por diversos pesquisadores.

Helene (1987) através de estudos e tomando como referência resultados experimentais obtidos em laboratórios que atuam nos Estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Pernambuco, Bahia e Pará, sugere que os valores dos desvios-padrões sejam alterados conforme apresentados na tabela 2.6.

**TABELA 2.5** – Proposta de alteração dos valores do desvio-padrão de dosagem (Sd), segundo estudos de Paulo R. L. Helene (*Helene, 1987*)

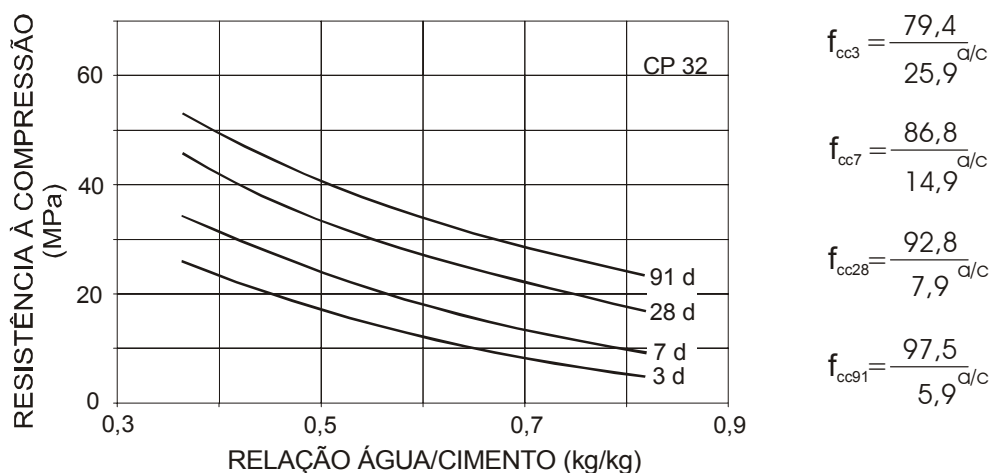
CONDIÇÃO DE PREPARO DO CONCRETO	VALORES ADOTADOS PELA NORMA NBR 12655/96	VALORES PROPOSTOS POR PAULO R. L. Helene
CONDIÇÃO “A”	Sd =4,0MPa	Sd =3,0MPa
CONDIÇÃO “B”	Sd =5,5MPa	Sd =4,0MPa
CONDIÇÃO “C”	Sd =7,0MPa	Sd =5,5MPa

Prudêncio *apud* Dafico (1997) em um estudo de caso onde a produção do concreto foi feita no canteiro de obra, obteve valores de desvio-padrão menores que os sugeridos na norma NBR 12655/94. Segundo Dafico (1997), outros pesquisadores compartilham da mesma opinião que Helene (1987). No entanto, nenhum estudo no país apresenta argumentação conclusiva sobre quais valores de desvio-padrão seriam os mais adequados à realidade brasileira.

b) DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO EM FUNÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO NAS IDADES DE INTERESSE.

Sobral (1980) e Helene & Terzian (1993) aceitam o conceito proposto por Abrams de que a resistência do concreto é função da relação água/cimento. De fato, Helene & Terzian (1993) apregoam que atualmente é mais aceito o modelo teórico onde a resistência do concreto “*a paridade de outras condições – depende somente da relação gel/espaco da pasta*” (Powers *apud* Helene & Terzian, 1993) ou seja, a resistência do concreto está relacionada à porosidade capilar da pasta de cimento endurecida.

Helene & Terzian (1993) sugerem que os valores da relação água/cimento sejam adotados utilizando curvas determinadas experimentalmente para os cimentos nacionais, que correlacionam a resistência à compressão e a relação água/cimento. A figura 2.7 mostra as curvas que relacionam a resistência média a compressão em função da relação água/cimento para os cimentos do tipo CP 32.



**FIGURA 2.7** – Resistência Média a Compressão do cimento ( $f_{cc}$ ) em função da relação água/cimento para os cimentos do tipo CP 32 (Helene & Terzian, 1993).

c) DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO EM FUNÇÃO DA DURABILIDADE DO CONCRETO.

A durabilidade do concreto é um quesito que atualmente é considerado pelos pesquisadores quando se faz o estudo de dosagem. Basilio (1973) coloca a durabilidade das construções “*como um fator difícil de ser avaliado e normalmente não é considerado com precisão*”. Segundo este pesquisador, a durabilidade pode ser assegurada, quando na dosagem forem tomadas medidas com relação à permeabilidade e a corrosão eletrolítica das armaduras do concreto.

Rodrigues (1998) define a durabilidade do concreto como sendo “*a capacidade de resistir à ação do tempo, aos ataques químicos, abrasão ou qualquer outra ação de deterioração*”. Portanto, a durabilidade do concreto vai depender sob qual ação, se física ou química, vai estar sujeito o concreto e, relacionando a durabilidade com a resistência mecânica do concreto, sugerem a adoção dos valores máximos da relação água/cimento apresentados na tabela 2.6.

Mehta & Monteiro (1994) creditam como principais agentes promotores da deterioração física as ações que causam fissuras e desgaste da superfície, enquanto que a deterioração por ação química quando ocorre, segundo estes autores, “*envolve geralmente, mas não necessariamente, interações químicas entre agentes agressivos presentes no meio externo e os constituintes da pasta de cimento*”. A figura 2.8 apresenta as principais causas físicas e químicas, que segundo esses autores, causam a deterioração do concreto.

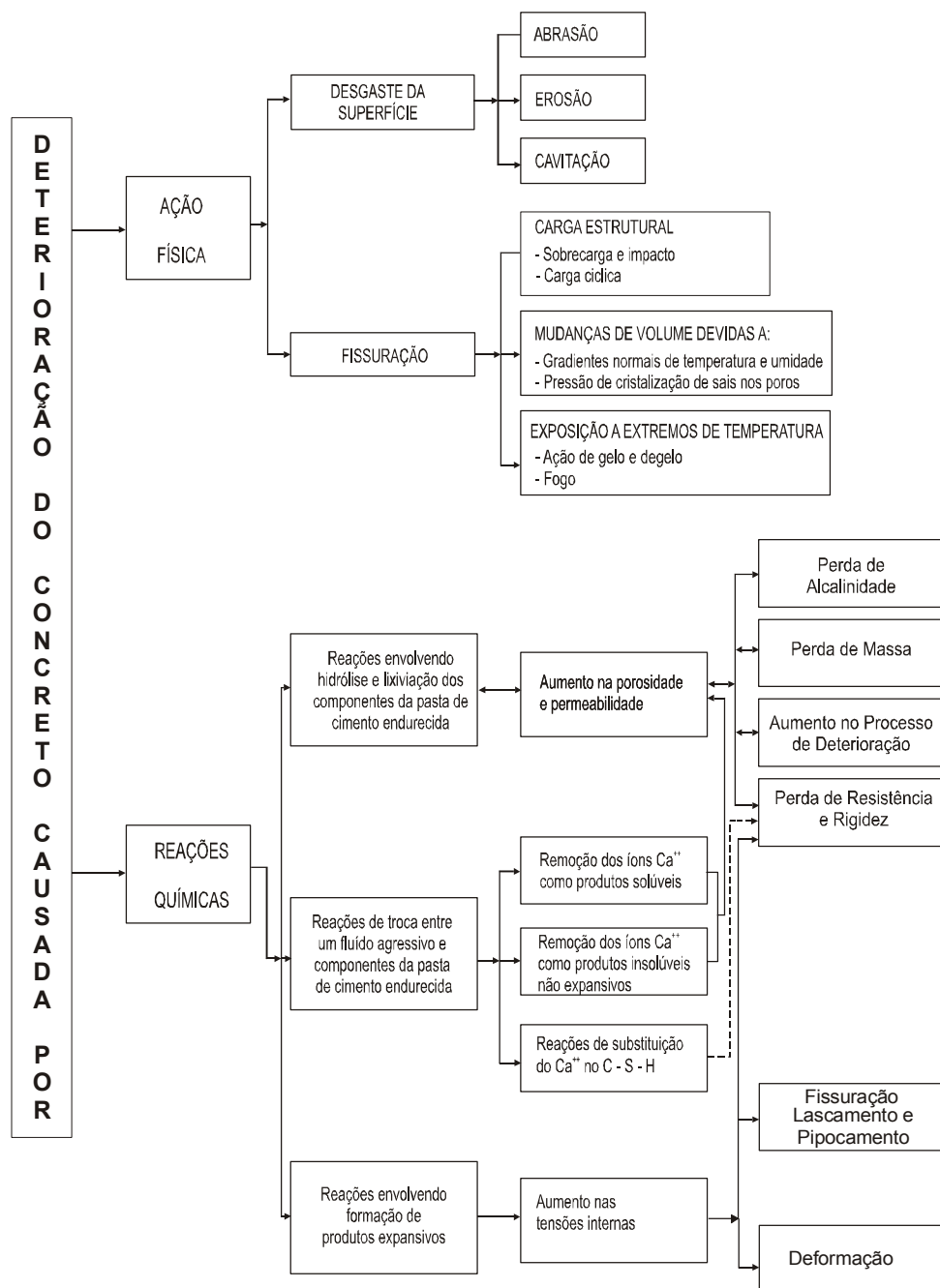


FIGURA 2.8 - Principais ações físicas e reações químicas que causam deterioração e afetam a durabilidade do concreto (Mehta & Monteiro, 1994).

**TABELA 2.6** – Relações água/cimento máximas permissíveis para concretos submetidos à condições severas (Rodrigues, 1998)

TIPO DE ESTRUTURA	Estrutura continuamente ou freqüentemente úmida e sujeita a congelamento e degelo <sup>(1)</sup>	Estrutura exposta a ação da água do mar ou de sulfato <sup>(2)</sup>
- Peças delgadas e seções com menos de 2,5cm de cobrimento da armadura	a/c = 0,45	a/c = 0,40
- Outras estruturas	a/c = 0,50	a/c = 0,45

**OBSERVAÇÕES:**

(1) O concreto deverá conter ar incorporado

(2) No caso da utilização de cimentos resistentes aos sulfatos, a relação a/c pode ser aumentada de 0,03.

Em termos nacionais, no que se refere à durabilidade do concreto, a norma NBR 6118/78 recomenda: “Quando o concreto for usado em ambiente reconhecidamente agressivo deverão ser tomados cuidados especiais em relação à escolha dos materiais constituintes, respeitando-se o mínimo consumo de cimento e o máximo valor da razão água/cimento compatíveis com a boa durabilidade do concreto”.

Esta mesma norma, em versão atualizada (março/2003) quando trata o tema durabilidade das estruturas de concreto, o faz de forma mais abrangente, relacionando a durabilidade a mecanismos que promovem a deterioração da estrutura por meio de ações ligadas ao concreto, à armadura, à própria estrutura e à agressividade do meio ambiente onde se insere a estrutura. Assim, considera como principais mecanismos de envelhecimento e deterioração do concreto as ações da:

- 1 - Lixiviação da pasta de cimento causada por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam seus compostos hidratados;
- 2 – Reações expansivas e deletérias na pasta de cimento hidratada, causadas por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos;
- 3 - Expansões advindas da ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- 4 - Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

Partindo do princípio que a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica ou outras ações previstas no dimensionamento da estrutura, a norma NBR 6118/2003 sugere que a agressividade

ambiental seja avaliada, quando não se dispõe de informações experimentais, de forma simplificada segundo as condições de exposição da estrutura, conforme apresentado na tabela 2.7.

**TABELA 2.7** – Classes de agressividade ambiental em função do meio onde se insere a estrutura (NBR 6118, MAR 2003)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração do ambiente
I	FRACA	Rural	INSIGNIFICANTE
		Submersa	
II	MODERADA	Urbana <sup>1), 2)</sup>	PEQUENO
III	FORTE	Marinha <sup>1)</sup>	GRANDE
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	MUITO FORTE	Industrial <sup>1), 3)</sup>	ELEVADO
		Respingos de maré	

1) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura);

2) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegida de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente;

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

A norma NBR 6118/2003 sugere alguns critérios para projetos com vistas à durabilidade. Desta forma, apresenta sugestões relacionadas ao sistema de drenagem, formas arquitetônicas e estruturais, detalhamento de armaduras, controle de fissuração, inspeção e manutenção preventiva entre outros. Quando se refere ao concreto esta norma é incisiva e dispõe: *“Atendidas as demais condições estabelecidas nesta seção, a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura”*.

Assim, admitindo a interdependência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão e a durabilidade do concreto, a NBR 6118/2003 sugere a adoção de relações água/cimento (a/c) máximos para misturas desde que garantidos os consumos mínimos de cimento por metro cúbico de concreto estabelecidos na norma NBR 12655/96 *Concreto – Preparo, Controle e Recebimento*. A tabela 2.8 apresenta a transcrição dos limites impostos para a relação água/cimento segundo o recomendado pela norma NBR 6118/2003. entre outras.

**TABELA 2.8** – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto  
(NBR 6118, Mar. 2003)

CONCRETO <sup>(4)</sup>	TIPO	CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL <sup>(3)</sup>			
		I	II	III	IV
- Relação água/cimento, em massa	CA <sup>(1)</sup>	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP <sup>(2)</sup>	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
- Classe do Concreto (NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C30	≥ C40

**OBSERVAÇÕES:**

(1) CA = Componentes e elementos estruturais de concreto armado

(2) CP = Componentes e elementos estruturais de concreto protendido

(3) As classes de Agressividade Ambiental (CAA) são classificação da tabela 2.7

(4) O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na norma NBR12655

### 2.2.3.2 – Principais métodos de dosagens utilizados no Brasil

As dimensões territoriais do Brasil, aliada as diferentes características regionais nos aspectos de materiais e métodos construtivos, torna a aplicação generalizada de um único método de dosagem difícil e de eficiência duvidosa. Este argumento pode justificar o surgimento de métodos regionalizados em todo o país.

Conforme citado anteriormente, pelo menos quatro métodos de dosagens têm sido utilizados no Brasil. Assim, justifica-se apresentar as principais características de cada método citado sem, no entanto, fazer análises comparativas entre eles.

#### 2.2.3.2.1 - Método de dosagem de concreto do INT – Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro

Este método de dosagem foi desenvolvido por Lobo Carneiro tomando como referência os estudos de dosagens inicialmente desenvolvidas por Ary Torres em 1927 no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que adotava os modelos propostos por R. Feret e Duff Abrams. Este método proposto por Torres é o que futuramente seria identificado como Método do IPT, que apresentava como característica principal a utilização do parâmetro módulo de finura do agregado total.

Já no Rio de Janeiro em 1937, Lobo Carneiro, tomando como referência as curvas granulométricas propostas por Otto Graff e Bolomey, desenvolve experimentalmente curvas granulométricas ideais da mistura total de materiais secos. A figura 2.9 mostra estas curvas que foram desenvolvidas com os materiais do Rio de Janeiro.

O método de dosagem do INT pressupõe a obtenção de um concreto com granulometria ideal, de modo a satisfazer as características de resistência e trabalhabilidade requeridas. No entendimento do percussor do método, o uso de uma granulometria ótima na composição



cimento: agregado permitirá a obtenção de uma mistura de máxima compacidade, conseqüentemente, com o mínimo de vazios que, por sua vez, implicará no consumo mínimo de cimento para uma mesma consistência e uma mesma relação água/cimento. Para tanto, Lobo Carneiro adota o uso de faixas granulométricas ótimas em detrimento ao uso de curvas granulométricas únicas.

As principais etapas no desenvolvimento do método, descritas por Carneiro (1953), são apresentadas a seguir:

#### DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA DO MÉTODO DE DOSAGEM DO INT

##### a) Determinação da relação água/cimento

Este parâmetro é determinado utilizando-se de curvas de Abrams determinadas experimentalmente para um determinado tipo de cimento e materiais disponíveis.

##### b) Estimativa da composição do traço (1:m)

Fixadas a relação água/cimento e a consistência requerida para uma dada trabalhabilidade do concreto, condizente com as especificações do projeto e equipamentos disponíveis, obtém-se o valor do teor de agregado total (m) através da equação (8).

$$m = 100 * \frac{(a/c)}{H} - 1 \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

m = Teor de agregado total da mistura seca por quilograma de cimento (kg);

a/c = Relação água/cimento (kg/kg)

H = Teor de água/mistura seca por quilograma de cimento (%)

A tabela 2.9 fornece alguns teores de H em função das características do agregado e do tipo de adensamento. Estes valores poderão ser utilizados como primeira estimativa na definição do traço (1:m).

**TABELA 2.9** – Valores da relação água/mistura seca (H) em função do Diâmetro Máximo Característico do agregado e do tipo de adensamento (*Carneiro, 1953*)

DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO DO AGREGADO ( $\phi_{\text{máx}}$ )	TIPO DE ADENSAMENTO	
	MANUAL	MECÂNICO
9,5mm	11,0%	9,0%
19mm	10,0%	8,0%
25mm	9,5%	7,5%
38mm	9,0%	7,0%
50mm	8,5%	6,5%

**OBSERVAÇÃO:**

Os valores acima foram obtidos para materiais disponíveis na cidade do Rio de Janeiro (BR).

c) Estimativa das proporções entre os agregados que constituem a mistura cimento:agregado (1:m)

Uma vez conhecidas as composições granulométricas dos agregados é possível determinar as proporções relativas destes agregados na mistura cimento:agregado, cuja composição granulométrica mais se aproxime das curvas ideais propostas por Lobo Carneiro. Esta estimativa das proporções dos agregados pode ser feita de três formas, conforme segue:

- Método das Tentativas

Por este método, busca-se por meio de iterações, valores nas proporções dos agregados de tal forma que a composição granulométrica da mistura cimento:agregado fique compreendida entre as curvas I e II para os concretos adensados manualmente, ou II e III para os concretos adensados mecanicamente. A figura 2.9 mostra as curvas granulométricas ideais da mistura cimento:agregado (1:m) definidas por Lobo Carneiro para diferentes diâmetros máximos da mistura, para os concretos confeccionados com materiais do Rio de Janeiro.

A tabela 2.10 fornece os valores iniciais que podem ser adotados para a estimativa das porcentagens de cada agregado na mistura cimento:agregado(1:m) para uma dada dimensão característica dos agregados que compõem a mistura.

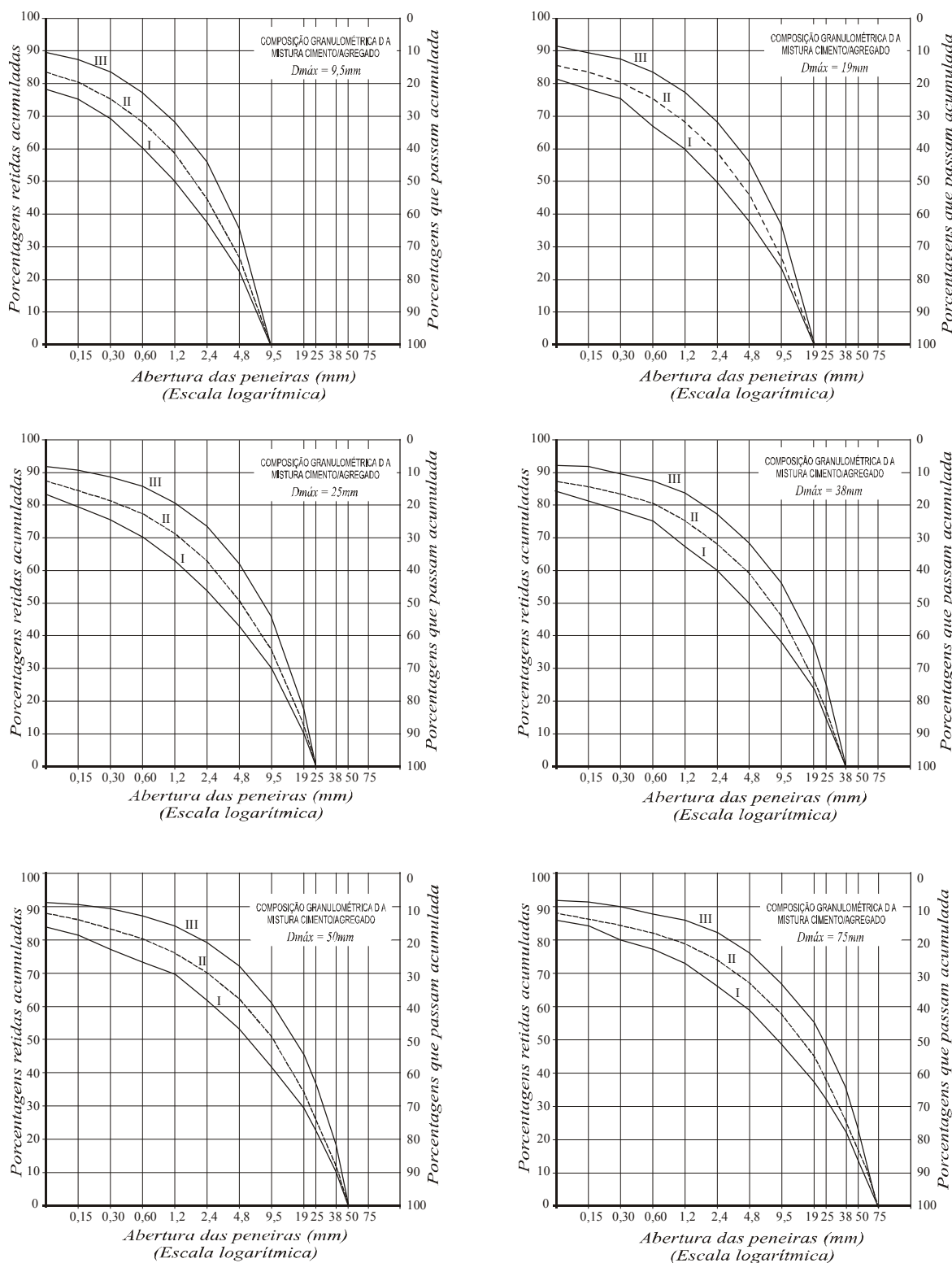
**TABELA 2.10** – Porcentagens de cada agregado para misturas cimento:agregado com uma dada Diâmetro Máximo Característico ( $\Phi_{\text{máx.}}$ ) (*Carneiro, 1953*)

AGREGADO GRAÚDO QUE COMPÕEM A MISTURA	$\Phi_{\text{máx}} = 50\text{mm}$		$\Phi_{\text{máx}} = 38\text{mm}$		$\Phi_{\text{máx}} = 25\text{mm}$		$\Phi_{\text{máx}} = 19\text{mm}$		$\Phi_{\text{máx}} = 9,5\text{mm}$	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Brita 25 a 50mm	26	36	-	-	-	-	-	-	-	-
Brita 38 a 19mm	-	-	28	33	-	-	-	-	-	-
Brita 25 a 9,5mm	17	17	-	-	25	30	-	-	-	-
Brita 19 a 4,8mm	17	17	28	33	25	30	35	45	-	-
Brita 9,5 a 1,2mm	-	-	-	-	-	-	15	15	45	55
AREIA + CIMENTO	40	30	44	34	50	40	50	40	55	45

**OBSERVAÇÕES:**

1 – As colunas (I) referem-se aos concretos destinados ao adensamento manual;

2 – As coluna (II) referem-se aos concretos destinados a adensamento vibratório.



OBSERVAÇÕES:

- 1 - Região compreendida entre os limites das curvas I e II - UTILIZAR ADENSAMENTO MANUAL;
- 2 - Região compreendida entre os limites das curvas II e III - UTILIZAR ADENSAMENTO MECÂNICO.

**FIGURA 2.9** – Curvas granulométricas ideais da mistura cimento:agregado propostas por Lobo Carneiro para os materiais do Rio de Janeiro. (Carneiro, 1953).

Conhecidas as porcentagens dos agregados e do cimento que constituem a mistura, estima-se o traço, em massa, utilizando-se as equações (9), (10) e (11).

$$\text{Porcentagem de cimento} = Cc\% = 100 * \frac{1}{1 + m} \quad \text{Eq. (9)}$$

- Método de ajuste às curvas granulométricas ideais utilizando-se de cálculo analítico por mínimos quadrados

Petrucci (1978) considera este método de difícil aplicação uma vez que o processo envolve a resolução de um sistema de equações com um número de incógnitas maior que o número de equações. No entanto, este mesmo autor sugere o uso de ajuste pelo método dos mínimos quadrados, argumentando que este processo conduz a uma curva granulométrica compensada com os valores médios de uma curva granulométrica especificada.

- Método Gráfico

Esta forma de ajuste, descrito por Petrucci (1978), determina graficamente as proporções em que devem ser misturados os agregados disponíveis de forma a obter-se uma mistura resultante que melhor se aproxime da curva ideal proposta por Lobo Carneiro.

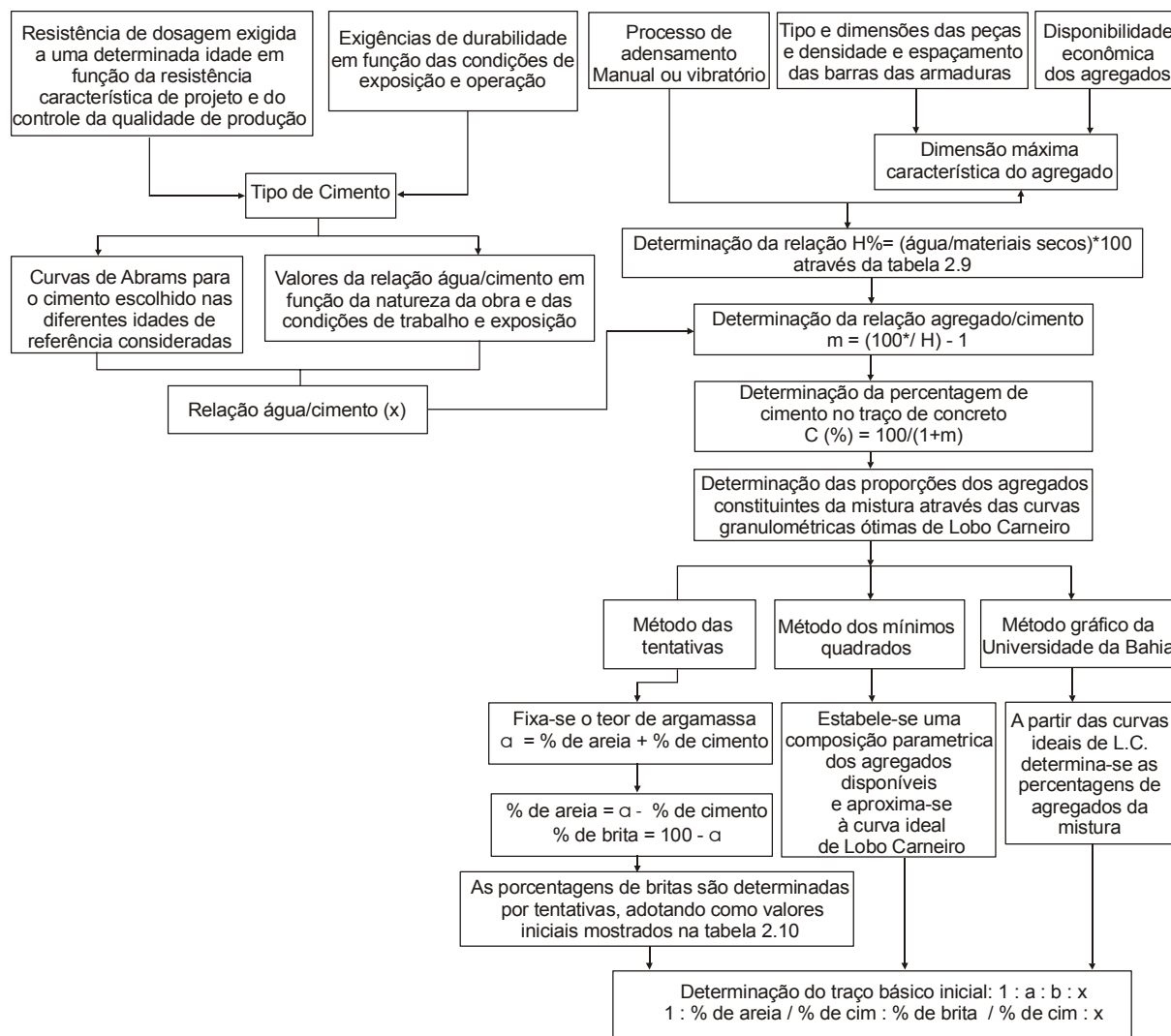
$$a\% = \frac{\% \text{ agregado miúdo}}{\% \text{ cimento}} \quad \text{Eq. (10)}$$

$$p\% = \frac{\% \text{ agregado graúdo}}{\% \text{ cimento}} \quad \text{Eq. (11)}$$

#### d) Ajuste do Traço obtido

Carneiro (1953) recomenda que o traço em massa obtido de acordo com os procedimentos indicados anteriormente, seja ajustado. Com esta finalidade deve-se verificar a consistência obtida, comparando-se o teor de água/mistura seca (H). Caso não se obtenha o ajuste, faz-se uma nova iteração adotando-se um novo valor de H.

A figura 2.10, proposta por Boggio (2000) apresenta um fluxograma simplificado das principais etapas do desenvolvimento do método do INT.



**FIGURA 2.10** – Fluxograma simplificado das principais etapas no desenvolvimento do método de dosagem INT (Boggio, 2000)

**2.2.3.2.2. - Método de dosagem de concreto do ITERS – Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul**

O método de dosagem do ITERS - Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul, atual CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, foi desenvolvido a partir de 1951 por Eládio Petrucci. Esta metodologia de caráter experimental, surgiu em função da dificuldade em se adaptar as metodologias de dosagens existentes à época aos materiais disponíveis no Rio Grande do Sul.

O método, segundo Petrucci (1978), foi desenvolvido de forma que a mistura apresente no estado fresco a máxima trabalhabilidade para um dado consumo de água e a máxima resistência a esforços mecânicos quando no estado endurecido. As principais etapas para o desenvolvimento do método descrito por Petrucci (1978), são apresentados a seguir.

- a) Estimativa da proporção ótima de areia com relação ao agregado total(a/m) e do teor de água com relação ao agregado total (H)

Tomando como referência um traço (1:m) em massa, que pode ser determinado experimentalmente fixando-se a relação água/cimento e adotando-se, para uma primeira aproximação, os valores da relação água/mistura seca (H) propostos na tabela 2.11.

**TABELA 2.11** – Valores iniciais da relação água/mistura seca (H) em função do tipo de agregado graúdo e da forma de adensamento (*Petrucci, 1995 apud Boggio, 2000*)

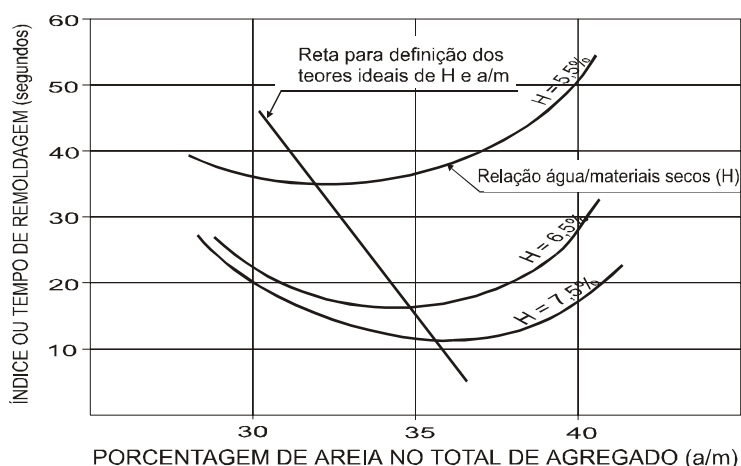
TIPO DE AGREGADO GRAÚDO	FORMA DE ADENSAMENTO	
	MANUAL	VIBRADO
SEIXO ROLADO	8,0%	7,0%
PEDRA BRITADA	9,0%	8,0%

**OBSERVAÇÃO:**

Para diâmetros máximos de 38mm, deve-se subtrair 0,5% dos valores de H, enquanto que para diâmetros de 19mm deve-se adicionar 0,5% aos valores de H.

Em seguida, prepara-se 3 ou 4 misturas do traço 1:m variando-se a porcentagem de areia no agregado total de 5% em 5%. Para cada uma das misturas acima, com seus respectivos valores da relação a/m, adiciona-se água de tal forma que os valores de H aumente de 1% em 1%, até atingir a trabalhabilidade desejada.

Neste processo experimental devem ser observadas as características de consistência e resistência à segregação das misturas de concreto. Para tanto, é utilizado o ensaio de remoldagem de Powers, cujos resultados, obtidos a partir de diferentes combinações entre as relações a/m e H, permitem a construção do gráfico mostrado na figura 2.11, que representa as curvas de trabalhabilidade das misturas.



**FIGURA 2.11** – Curvas de trabalhabilidade obtidos à partir de índices de remoldagens determinados para mistura com “m” constante e diferentes relação a/m (*ABCP, 1965 apud Boggio, 2000*)

Os teores ideais da areia em relação à mistura seca ( $a/m$ ) e da relação água/mistura seca ( $H$ ) é obtido por meio do traçado de uma reta que liga os pontos de menores índices de remoldagens ( $I$ ). Esta reta permite, fixado um índice de remoldagem, a obtenção do teor ideal dos parâmetros  $a/m$  e  $H$  a serem utilizados na mistura.

d) Desdobramento do traço de referência (1:m)

Uma vez determinados os parâmetros  $a/m$  e  $H$ , é possível o desdobramento do traço (1:m) em (1:a:p:x), utilizando-se a expressão descrita pela equação (2).

e) Obtenção do traço desejado

Petrucci (1978) entendendo que para traços com valores de “m” próximos ao adotado no traço de referência, com as mesmas condições de trabalhabilidade, apresentarão os mesmos valores da relação água/mistura seca ( $H$ ). Assim, esse autor recomenda a composição de 2 a 3 traços auxiliares (1:m<sub>1</sub>), (1:m<sub>2</sub>) e (1:m<sub>3</sub>), próximos ao traço de referência, mantendo-se constantes para estes traços auxiliares, a proporção de areia com relação ao agregado total ( $a/m$ ) e a relação água/mistura seca ( $H$ ), obtidos experimentalmente para o traço de referência.

Para a obtenção do traço desejado é necessária a moldagem de corpos-de-prova dos traços auxiliares, de maneira que se determine a curva de Abrams, nas idades de interesse. Desta forma, considerando que ( $a/m$ ) e  $H$  são constantes, é possível determinar graficamente a relação água/cimento para o traço desejado. A figura 2.12 proposta por Boggio (2000) apresenta o fluxograma simplificado do método ITERS desenvolvido por Eládio Petrucci.

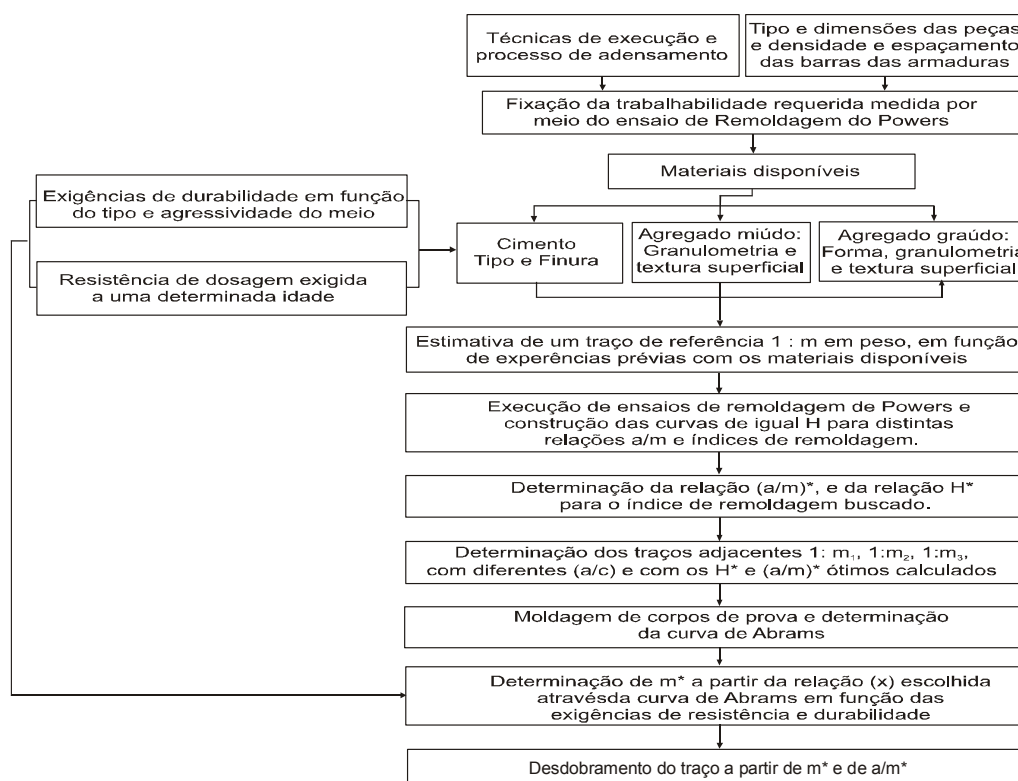


FIGURA 2.12 – Fluxograma simplificado do método de dosagem do ITERS desenvolvido pelo Prof. Petrucci.

### 2.2.3.2.3 - Método de dosagem de concreto do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Este método foi desenvolvido por Ary Torres tomando como base os estudos de Abrams. Um dos princípios do método considera que dois agregados, caracterizados por apresentarem o mesmo módulo de finura, são considerados agregados equivalentes. Neste caso, para um mesmo traço será utilizada igual quantidade de água para uma mesma consistência da mistura.

O método permite estabelecer para misturas confeccionadas com agregados com diâmetros máximos e consistência da mistura estabelecida, curvas experimentais que fornecem a relação cimento:agregado e o módulo de finura do agregado total (MFt). As principais etapas de desenvolvimento do método são apresentadas em Petrucci (1978) como segue.

#### a) Determinação do Módulo de Finura do Agregado Total da Mistura (Mt)

Para se determinar este parâmetro faz-se necessário conhecer os módulos de finura dos agregados miúdo e graúdo que irão constituir a mistura. Considerando que o módulo de finura do agregado total (MFt) é a média ponderada dos módulos de finura dos agregados, é possível determinar a porcentagem correspondente a cada um dos agregados que compõem a mistura. As equações (12) e (13) permitem a determinação deste parâmetro.

$$MFt = \frac{1}{100} * MFa + \frac{(100 - a\%)}{100} * MFp \quad \text{Eq. (12)}$$

$$a\% = \frac{MFp - MFt}{MFp - MFa} \quad \text{Eq. (13)}$$

Onde:

MFt = Módulo de finura do agregado total

MFa = Módulo de finura do agregado miúdo (areia)

MFp = Módulo de finura do agregado graúdo (pedra britada)

a% = Porcentagem de areia no agregado total

#### b) Traçado da curva Módulo de Finura do Agregado Total (MFt) x relação água/cimento (a/c)

Segundo Petrucci (1978), a determinação experimental e o traçado destas curvas são procedimentos trabalhosos, uma vez que apresentam comportamentos variáveis em função da consistência da mistura, tipo e diâmetro máximo dos agregados. Este autor recomenda os seguintes passos para o traçado desta curva:

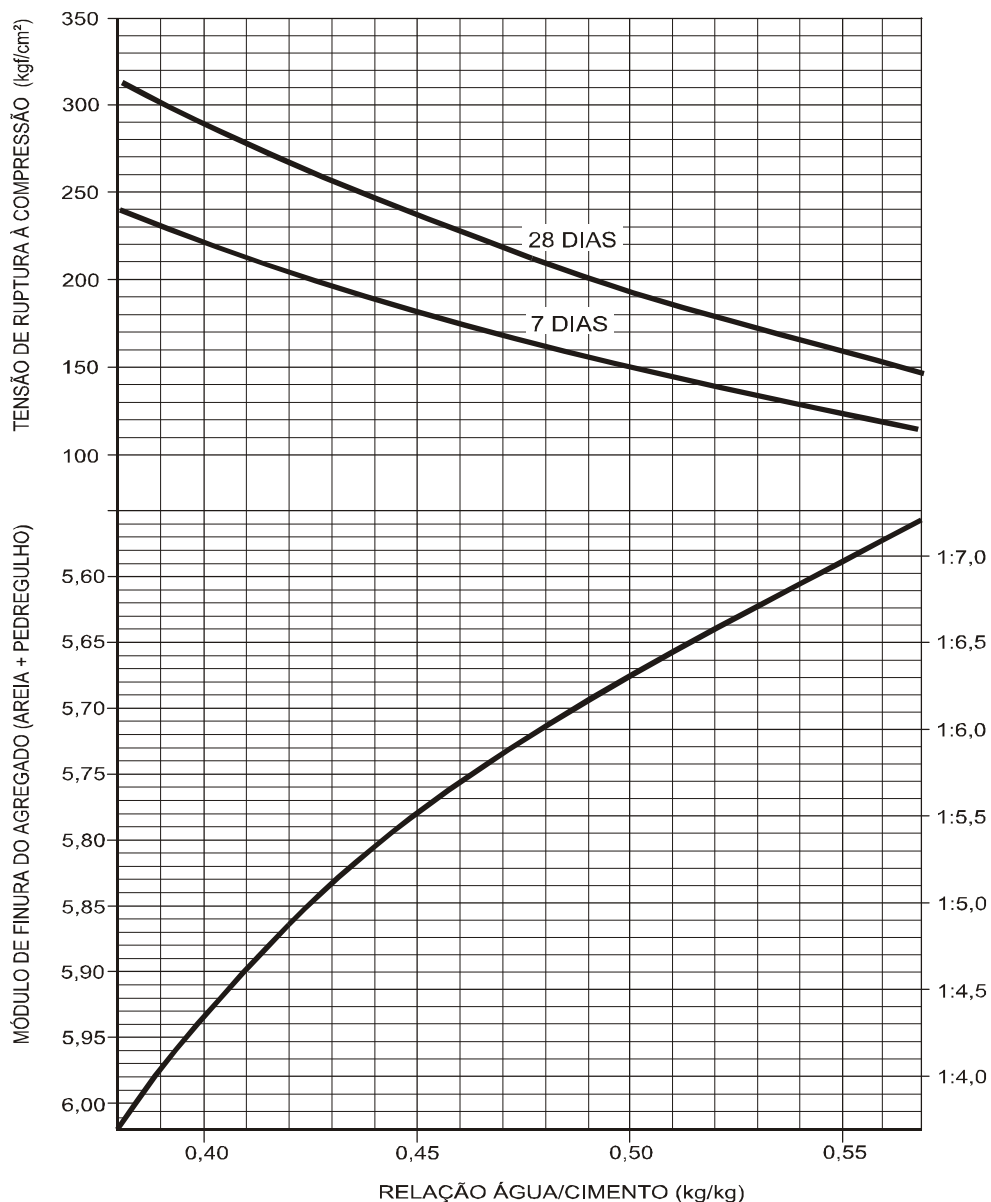
1° - Definir os agregados a serem utilizados;

2° - Variar a porcentagem de areia no traço e, em consequência, o módulo de finura do agregado total, determinando a quantidade de água necessária para se obter a consistência desejada;

3° - Definida a porcentagem de areia, diminui-se esse valor e por conseguinte, a relação água/cimento, até que a mistura deixe de ser trabalhável. Assim, determina-se o



ponto ótimo, que corresponderá ao último ponto (relação água/cimento x porcentagem do agregado miúdo) para o qual a mistura em estudo é trabalhável;  
 4° - Repetindo-se os passos 1 a 3 para várias misturas, determina-se os diferentes pontos ótimos, que uma vez interligados, constituem a curva procurada. A figura 2.13 mostra um exemplo de uma curva, confeccionada para traços com uma determinada consistência, utilizando-se areia e pedregulho.



**FIGURA 2.13** – Curva de correlação do traço com o Módulo de Finura da Mistura (MFm) e a relação água/cimento (a/c) (Petrucci, 1978)

#### 2.2.3.2.4 - Método de dosagem de concreto da ABCP-Associação Brasileira de Cimento Portland / ACI – American Concrete Institute

Esta metodologia de dosagem publicada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em 1984 por meio do Estudo Técnico (ET-67), sob o título “*Parâmetros de Dosagem de Concreto*” apresenta característica eminentemente experimental.

Sendo uma adaptação do método americano proposto pela ACI 211.1-81 (Standart Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete), considera tabelas e gráficos elaborados a partir de informações experimentais, que permitem a utilização dos agregados que se enquadram nos limites propostos pela norma *NBR 7211/83- Agregados para Concreto*, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Rodrigues (1998) recomenda o uso desta metodologia para concretos semi-plásticos à fluído, argumentando que “...*este método de dosagem foi desenvolvido de maneira a fornecer para misturas plásticas, o mais baixo teor de areia*”. Um dos princípios básicos deste método apontados por Boggio (2000), reside no fato de que o procedimento vincula as granulometrias do agregado miúdo e do graúdo um valor máximo do agregado total compactado por metro cúbico do concreto.

Um outro princípio está vinculado à plasticidade da mistura. Esta propriedade segundo Prudêncio (1999), está relacionada ao teor de argamassa (cimento:areia) que preenche os vazios e envolvem os grãos do agregado graúdo, agindo neste caso, como um agente lubrificante.

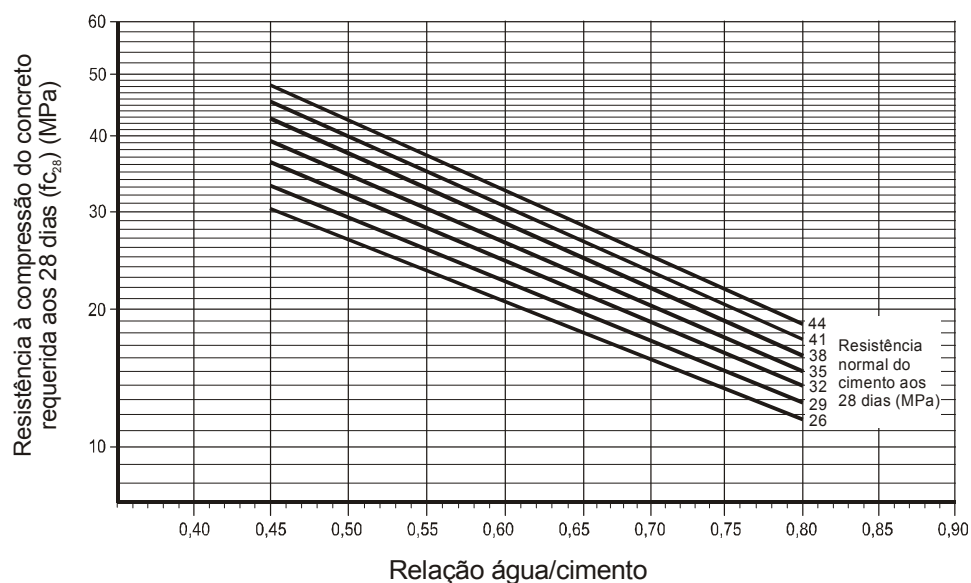
A figura 2.15 apresenta o fluxograma proposto por Boggio (2000) com as principais etapas experimentais do método.

O desenvolvimento do método, segundo Rodrigues (1998) obedece as seguintes etapas:

a) Fixação da relação água/cimento (a/c)

A fixação deste parâmetro é feita tomando como referência os critérios de durabilidade e a resistência mecânica requerida pelo concreto nas idades de interesse. Recomenda-se os valores da relação água/cimento propostos pela norma NBR 6118/2003 apresentados na tabela 2.8 ou mesmo os valores propostos pelo American Concrete Institute (ACI) transcritos na tabela 2.16.

A resistência à compressão é o principal parâmetro da resistência mecânica a ser considerado. O valor da relação água/cimento é estimado com base na curva de Abrams, que por sua vez, deve ser determinado em função do tipo de cimento. Quando não se dispõe da Curva de Abrams e não houver restrições quanto à durabilidade, é possível utilizar-se das Curvas de Walz, mostradas na figura 2.14.



**FIGURA 2.14** – Gráfico para a determinação da relação água/cimento (a/c) em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade (Rodrigues, 1998).

b) Estimativa do Consumo de Água do Concreto (C<sub>ag</sub>)

A quantidade de água necessária para que a mistura fresca adquira uma determinada consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, segundo Rodrigues (1998), depende basicamente da granulometria, da forma e textura dos grãos, mais especificamente, da área específica do agregado total da mistura.

Considerando a dificuldade em expressar o consumo de água na mistura por meio de uma lei matemática, este autor apresenta como estimativa inicial do consumo de água por metro cúbico de concreto, os valores constantes na tabela 2.12.

**TABELA 2.12** – Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do abatimento da mistura (Rodrigues, 1998)

ABATIMENTO DO TRONCO DO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO ( Φ <sub>max</sub> )				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
40 a 60mm	220 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>	180 l/m <sup>3</sup>
60 a 80mm	225 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>
80 a 100mm	230 l/m <sup>3</sup>	205 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>

**OBSERVAÇÕES:**

- 1 – Os valores acima são recomendados para concretos confeccionados com agregado graúdo britado (basalto), agregado miúdo (areia de rio), consumo de cimento por metro cúbico de concreto da ordem de 300kg/m<sup>3</sup> e abatimento, medido pelo tronco de cone, entre 4mm a 100mm;
- 2 – Quando usado seixo rolado como agregado graúdo, os valores do consumo de água podem ser reduzidos de 5% a 10%;
- 3 – As areias pertencentes à zona 1 da NBR 7211 (muito fina), podem gerar aumentos de até 10% no consumo de água por metro cúbico de concreto.

O método recomenda a verificação experimental do consumo de água, utilizando-se do ensaio de abatimento. Além da tabela 2.12, pode-se utilizar a equação (14) como um ponto de partida para a estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto.

$$C_{ar} = C_{ai} * \left( \frac{ST_r}{ST_i} \right)^{0,1} \quad \text{Eq. (14)}$$

Onde :

$C_{ar}$  = Consumo de água requerida

$C_{ai}$  = Consumo de água inicial

$ST_r$  = Abatimento requerido

$ST_i$  = Abatimento inicial

#### c) Estimativa do Consumo de Cimento (C)

Feita a estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto e adotada a relação água/cimento, a estimativa do consumo de cimento pode ser obtida pela equação (15).

$$C = \frac{C_{ag}}{(a/c)} \quad \text{Eq. (15)}$$

Onde:

$C$  = Consumo de cimento por metro cúbico de concreto ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_{ag}$  = Consumo de água por metro cúbico de concreto ( $\text{l/m}^3$ )

$(a/c)$  = Relação água/cimento ( $\text{kg/kg}$ )

#### d) Estimativa do Consumo de Agregados

O método permite a obtenção de misturas com uma determinada consistência aliada ao menor volume de vazios inter-grãos possíveis. Assim, determina-se um teor ótimo do agregado graúdo na mistura por meio de proporcionamento adequado de relação agregado graúdo/agregado miúdo, partindo-se do princípio de colocar na mistura o máximo volume de agregado compactado seco por metro cúbico de concreto.

A tabela 2.13, cujos valores foram determinados experimentalmente pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), apresenta os volumes compactados a seco de agregado graúdo, por metro cúbico de concreto, em função do Diâmetro Máximo característico do agregado graúdo ( $\phi_{\text{máx.}}$ ) e do Módulo de Finura (MF) do agregado miúdo.

**TABELA 2.13** – Volume compactado seco ( $V_{pc}$ ) de agregado graúdo por metro cúbico de concreto (*Rodrigues, 1998*)

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO ( $\Phi_{max}$ )				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

**OBSERVAÇÃO:**

1 – Os valores acima foram obtidos experimentalmente na Associação Brasileira de Cimento Portland.

A estimativa do Consumo do agregado graúdo por metro cúbico de concreto é dada pela equação (16).

$$C_p = V_{pc} * MU_c \quad \text{Eq. (16)}$$

Onde:

$C_p$  = Consumo do agregado graúdo por metro cúbico de Concreto ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_{pc}$  = Volume compactado seco do agregado graúdo por  $\text{m}^3$  de concreto

$MU_c$  = Massa unitária compactada do agregado graúdo por  $\text{m}^3$  de concreto ( $\text{kg/m}^3$ )

No caso de misturas que utilizem dois ou mais agregado graúdo, Rodrigues (1998) recomenda que adote um proporcionamento entre os agregados graúdos que permita o menor volume de vazios. Isso é obtido quando os agregados são compactados em um proporcionamento tal que se obtenha a máxima massa unitária na condição compactada dos agregados. A tabela 2.14 apresenta os proporcionamento entre britas que permitiram o menor volume de vazios, segundo experimentos desenvolvidos na ABCP.

**TABELA 2.14** – Proporções entre britas que possibilitam o menor volume de vazios inter-grãos (*Rodrigues, 1998*)

BRITAS UTILIZADAS	PROPORÇÕES ENTRE BRITAS		
Brita 0 ( $B_0$ ) – Brita 1 ( $B_1$ )	30% $B_0$	e	70% $B_1$
Brita 1 ( $B_1$ ) – Brita 2 ( $B_2$ )	50% $B_1$	e	50% $B_2$
Brita 2 ( $B_2$ ) – Brita 3 ( $B_3$ )	50% $B_2$	e	50% $B_3$
Brita 3 ( $B_3$ ) – Brita 4 ( $B_4$ )	50% $B_3$	e	50% $B_4$

A estimativa do consumo do agregado miúdo ( $C_a$ ), quando já determinados os consumos do cimento, água e agregado graúdo, é imediata. Isso se deve ao fato que por princípio, o volume de concreto é formado pela soma dos volumes absolutos dos materiais que o constituem. Assim, para 1,0 metro cúbico de concreto, o volume do agregado graúdo é dado pela equação (17).

$$V_a = 1 - \left( \frac{C}{\gamma_c} + \frac{C_p}{\gamma_p} + \frac{C_{ag}}{\gamma_{ag}} \right) \quad \text{Eq. (17)}$$

Onde:

$V_a$  = Volume do agregado miúdo por metro cúbico de concreto ( $m^3$ )

$\gamma_c, \gamma_p, \gamma_{ag}$  = Massa específica do cimento, agregado graúdo e da água, respectivamente.

O consumo de areia por metro cúbico de concreto será o obtido pela equação (18).

$$C_a = \gamma_a * V_a \quad \text{Eq. (18)}$$

Onde:

$C_a$  = Consumo do agregado miúdo (areia) por metro cúbico de concreto ( $kg/m^3$ )

$\gamma_a$  = Massa específica do agregado miúdo (areia) ( $kg/m^3$ )

#### e) Apresentação do traço de Concreto

A representação do traço, com relação ao unitário do cimento, é apresentada segundo a expressão (19).

$$1,0 : \frac{C_a}{C} : \frac{C_p}{C} : (a/c) \quad (19)$$

#### f) Ajustes experimentais ao traço

O método recomenda a realização da mistura experimental para a verificação e adequação, se necessário, dos requisitos de trabalhabilidade e desempenhos exigidos para o concreto.

Rodrigues (1998) com relação a possíveis ajustes da mistura recomenda:

- Sempre que possível utilizar equipamentos similares entre os usados nos laboratórios e no canteiro;
- Quando a quantidade de água prevista for a necessária para alcançar o abatimento necessário, mas a mistura apresentar-se pouca argamassada, deve-se acrescentar areia e diminuir a quantidade de brita, de tal forma a manter-se constante a relação de agregado total ( $m$ ) da mistura.
- Para as situações onde a mistura apresenta excesso de argamassa, deve-se acrescentar agregado graúdo, além de quantidades proporcionais de água e cimento.

- Nas situações onde a água prevista for insuficiente para se obter o abatimento especificado, deverão ser aumentadas as quantidades de água e cimento, desde que mantida a relação água/cimento e o teor de argamassa, e diminuir a relação agregado total (m) do traço.
- Para casos onde a água estimada for maior que a necessária para se atingir o abatimento, recomenda-se aumentar as quantidades de areia e brita, mantendo-se constantes a relação água/cimento e o teor de argamassa adotado para a mistura.
- Moldar corpos-de-prova e observar nas primeiras horas, a presença de exsudação acentuada demonstrando, nesse caso, deficiência de finos na mistura.

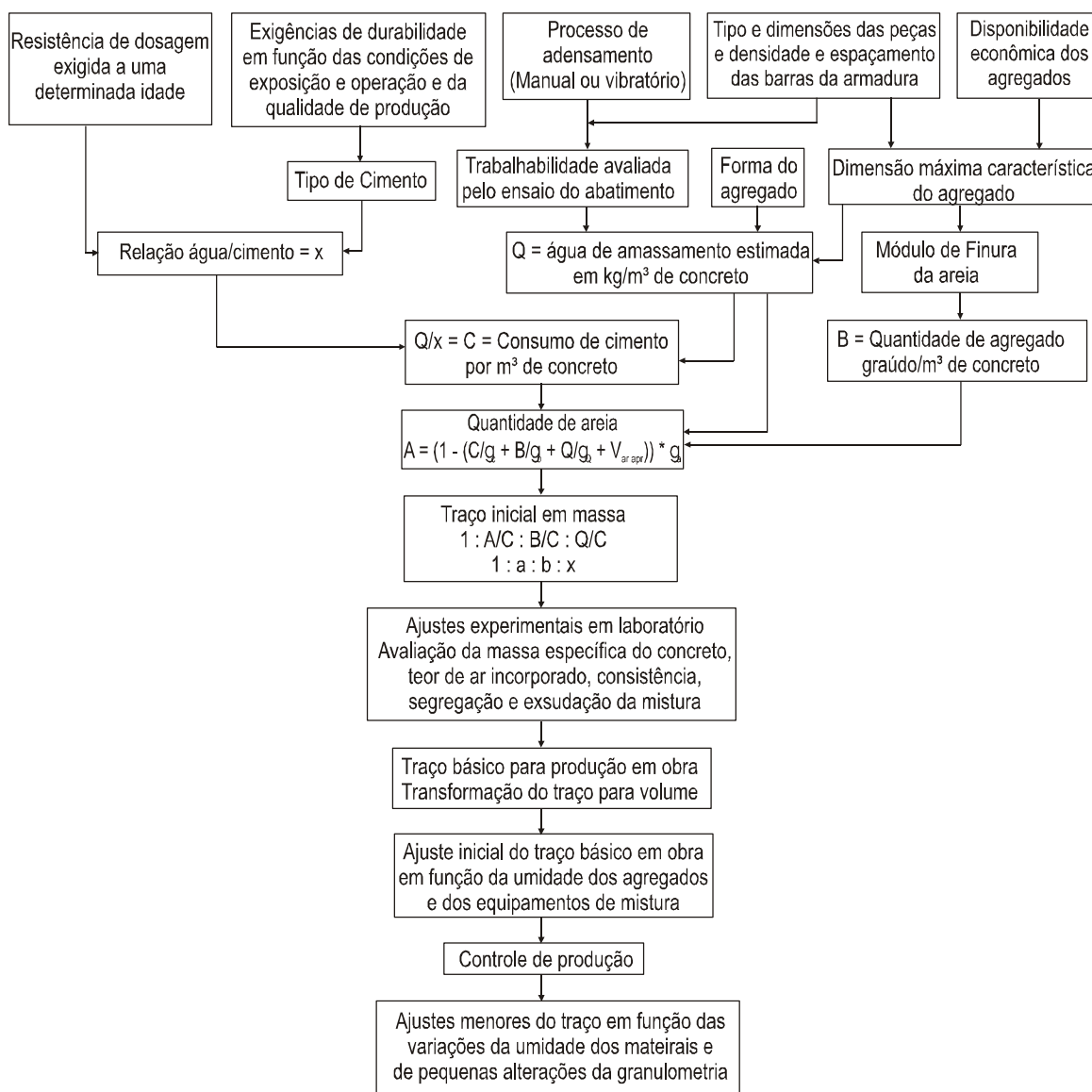


FIGURA 2.15- Fluxograma simplificado do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland.(ABCP) (Boggio, 2000).

### 2.2.3.2.5 - Método de dosagem de concreto do IPT/ EPUSP

O método de dosagem identificado como Método de dosagem do IPT/EPUSP, apresentado na publicação “Manual de Dosagem e Controle do Concreto” em 1993, tem como referência os conceitos teóricos do método de dosagem de concreto do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e teve seu desenvolvimento feito inicialmente nos laboratórios do IPT e posteriormente nos da Escola Politécnica da Estado de São Paulo.

Helene & Terzian (1993) justificam a criação deste método de dosagem como sendo uma forma de “... ensinar uma metodologia clara e precisa sobre dosagem do concreto...”. Neste sentido os autores propõem um roteiro que apresenta esta metodologia como um conjunto de etapas que simplificada, pode ser apresentada como segue:

#### a) CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS MATERIAIS

Conhecer os materiais que irão compor a mistura é uma etapa importante e tem influência significativa no processo de dosagem do concreto. Assim, identificar as características físicas do cimento (finura, resistência à compressão) e, granulometria, massa específica, massa unitária nas condições solta e compactada, inchamento da areia, dentre outros para os agregados, são índices desejáveis de se conhecer dos constituintes do concreto.

#### b) CONCEITUAÇÃO BÁSICA FUNDAMENTAL

Este método, também conhecido como Método dos 4 Quadrantes, tem como parâmetros básicos as chamadas “Leis de Comportamento”, expressas pelas equações (20) à (23).

$$a) \quad f_{c_j} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (\text{Lei de Abrams}) \quad \text{Eq. (20)}$$

$$b) \quad m = k_3 + k_4 \cdot a/c \quad (\text{Lei de Lyse}) \quad \text{Eq. (21)}$$

$$c) \quad C = \frac{1.000}{k_5 + k_6 \cdot m} \quad (\text{Lei de Molinari}) \quad \text{Eq. (22)}$$

$$d) \quad \alpha = \frac{1+a}{1+m} \quad (\text{Teor de Argamassa Seca}) \quad \text{Eq. (23)}$$

Onde:

$f_{c_j}$  = Resistência à compressão axial do concreto, à idade “j” (MPa)

(a/c) = Relação água/cimento (kg/kg)

a = Teor de agregado miúdo seco por quilograma de cimento, em massa (kg)

$\alpha$  = teor de argamassa com materiais na condição seca (%)

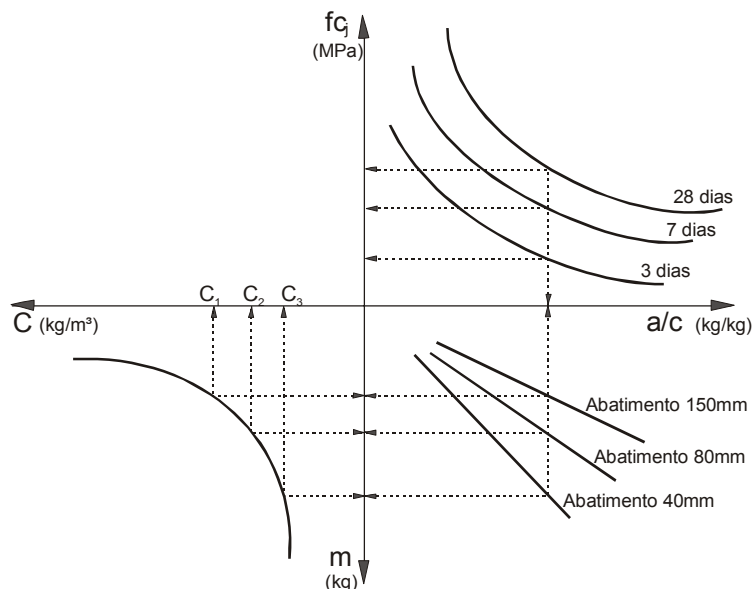
m = teor de agregado total por quilograma de cimento, em massa (kg)

C = Consumo de cimento por metro cúbico de concreto adensado (kg/m<sup>3</sup>)

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$  e  $k_6$  = Constantes que dependem exclusivamente dos materiais (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e aditivos);



Conhecidos os parâmetros relacionados às leis de Abrams, Lyse e Molinary pode-se definir o Diagrama de Dosagem, que representa o modelo de comportamento para concretos confeccionados com uma dada consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, e materiais estabelecidos. A figura 2.16 mostra o diagrama de dosagem estilizado do método.



**FIGURA 2.16 - DIAGRAMA DE DOSAGEM – Método IPT/EPUSP – Modelo de comportamento (Helene & Terzian, 1993)**

Helene & Terzian (1993) utilizam as equações (24), (25) e (26) para a estimativa dos consumos de cimento e água por metro cúbico de concreto.

$$C = \frac{\gamma_{cf}}{1 + a + p + (a/c)} \quad \text{Eq. (24)}$$

$$C = \frac{(1000 - a_r)}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{p}{\gamma_p} + a/c} \quad \text{Eq. (25)}$$

$$C_{ag} = C * (a/c) \quad \text{Eq. (26)}$$

Onde:

C = Consumo de cimento por metro cúbico de concreto adensado (kg/m³)

C<sub>ag</sub> = Consumo de água por metro cúbico de concreto (kg/m³)

γ<sub>cf</sub> = Massa específica do concreto fresco (kg/dm³)

γ<sub>c</sub> = Massa específica do cimento (kg/dm³)

γ<sub>a</sub> = Massa específica do agregado miúdo (kg/dm³)

γ<sub>p</sub> = Massa específica do agregado graúdo (kg/dm³)

a = Teor de agregado miúdo por quilograma de cimento (kg)

p = Teor de agregado graúdo por quilograma de cimento (kg)

a<sub>r</sub> = teor de ar incorporado e/ou aprisionado por metro cúbico de concreto (dm³/m³)

### c) INFORMAÇÕES BÁSICAS

A eficiência de uma metodologia de dosagem pode ser avaliada à medida que se proporciona concretos cujas misturas possuem uma consistência tal que possa ser lançada e adensada adequadamente no interior da peça a ser concretada. Assim, faz-se necessário dispor de algumas informações relacionadas ao projeto estrutural, aos agregados disponíveis e ao meio onde o concreto esta inserido. Neste sentido, Helene & Terzian (1993) relacionam como informações preliminares importantes e que auxiliam na definição do traço de concreto:

- Resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ );
- Determinação do espaçamento entre barras;
- Escolha da dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- Definição dos elementos estruturais a serem concretados
- Escolha da consistência do concreto.

A avaliação da consistência, normalmente medida pelo ensaio do abatimento do tronco de cone (Slump Test), permite a verificação da coesão e fluidez da mistura. Recomenda-se especificar o menor abatimento possível, muito embora este parâmetro seja definido quase que na maioria das vezes, em função da densidade da armadura e da eficiência dos equipamentos de produção e adensamento da mistura. A tabela 2.15 mostra alguns valores de consistência que podem ser adotados em função das peças a serem concretadas utilizando-se do adensamento mecânico.

**TABELA 2.15** – Consistência do concreto em função do elemento estrutural para o caso do adensamento mecânico (*Helene & Terzian, 1993*)

ELEMENTO ESTRUTURAL	ABATIMENTO (mm)	
	POUCO ARMADA	MUITO ARMADA
- Laje	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$
- Viga e parede armada	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
- Pilares de edifícios	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
- Paredes de fundação, sapatas, tubulões	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$

**OBSERVAÇÕES:**

- 1 – Quando o concreto for bombeado a consistência deve estar entre 70 a 100mm, no máximo;
- 2 – Quando a altura para o bombeamento for acima de 30m, considerar o limite para a consistência na saída da tubulação.

### d) CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE DOSAGEM ( $f_{c_j}$ )

Este parâmetro é estimado pela equação (8) constante na norma NBR 12655/96 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

### e) ESTIMATIVA DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO ( $a/c$ )

Recomenda-se a definição da relação água/cimento do traço inicial por meio da Curva de Abrams, confeccionado com o cimento e materiais a serem utilizados. Por ser este um processo demorado, pode-se utilizar as correlações obtidas em estudos feitos por Helene (1987) para vários

tipos de cimentos nacionais. A figura 2.14 mostra um exemplo destas correlações, neste caso representadas graficamente, para os cimentos Portland Comum, Classe 32.

No aspecto da durabilidade, Helene & Terzian (1993) sugerem que em função do meio em que está inserido o concreto, se adote os valores da relação água/cimento, constantes na tabela 2.16. Outros valores deste parâmetro também podem ser observados na tabela 2.8.

**TABELA 2.16** – Valores da relação água/cimento (*a/c*) em função das condições de durabilidade do concreto. (*Helene & Terzian, 1993*)

CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO DO CONCRETO	Valores mínimos para a relação água/cimento (kg/kg)
- Peças protegidas e sem risco de condensação de umidade	$a/c \leq 0,65$
- Peças expostas à intempéries, em atmosfera urbana ou rural	$a/c \leq 0,55$
- Peças expostas à intempéries, em atmosfera industrial ou marinha	$a/c \leq 0,48$

#### f) FASE EXPERIMENTAL DO MÉTODO IPT/EPUSP

Este método de dosagem caracteriza-se principalmente pela obtenção experimental do Diagrama de Dosagem, que correlaciona resistência à compressão, relação água/cimento, traço e consumo de cimento por metro cúbico de concreto.

Sinteticamente pode-se dividir esta fase experimental em 4 etapas, ou seja:

- 1° - Utilizando-se dos materiais disponíveis no canteiro produz-se um traço piloto 1:5 (cimento:agregados totais, em massa) e determina-se o teor ideal de argamassa ( $\alpha$ ) para a obtenção de um concreto que apresente a consistência e trabalhabilidade requeridas;
- 2° - Conhecidos os parâmetros teor de argamassa ( $\alpha$ ) e relação água/mistura seca (H) do traço piloto, confecciona-se duas misturas, com traços definidos em 1:3,5 (traço rico) e 1:6,5 (traço pobre). As três misturas (piloto, pobre e rico) deverão ser confeccionadas com o mesmo teor de argamassa e a mesma consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, especificada.
- 3° - Para cada um dos traços são moldados corpos-de-prova a serem ensaiados à compressão nas idades de interesse para o estudo. Recomenda-se pelos menos as idades de 3, 7 e 28 dias de idade.
- 4° - Conhecidos os resultados dos ensaios de resistência à compressão, são traçados as curvas de Abrams, Lyse e Molinary, que permitem a obtenção do diagrama de dosagem e o traço definitivo.

A seguir serão descritos de uma forma sucinta, os principais procedimentos desta fase experimental propostos por Helene & Terzian (1993), para a obtenção do proporcionamento de um concreto pelo método IPT/EPUSP.

**1ª ETAPA - Determinação do teor de argamassa ideal ( $\alpha$ ) para o traço piloto (1:5)**

Esta é uma das fases mais importantes no estudo de dosagem. Busca-se nesta etapa otimizar o proporcionamento entre a argamassa e o agregado graúdo, levando-se em consideração que a falta de argamassa na mistura acarreta porosidade no concreto enquanto, que o excesso além de elevar os custos, pode causar fissuras de origem térmica e por retração de secagem em função da necessidade de maior consumo de cimento por metro cúbico de concreto.

Portanto, o objetivo é determinar o teor mínimo ou ideal de argamassa para obter um concreto trabalhável e com a consistência requerida. Esta determinação é iterativa e recomenda-se incrementos no teor de argamassa de 2% em 2%, partindo-se de um valor inicial por exemplo, 40%.

O ajuste se faz no traço 1:5 (1:m) (piloto), em massa. Assim, o desdobramento do traço em função do teor de argamassa ( $\alpha$ ) adotado será o obtido, utilizando-se as equações (27) e (28).

$$a = \alpha * \frac{(1 + m)}{100} - 1 \quad \text{Eq. (27)}$$

$$m = a + p \quad \text{Eq. (28)}$$

Onde:

- m = Teor de agregado total por quilograma de cimento
- a = Teor de agregado miúdo por quilograma de cimento
- p = Teor de agregado graúdo por quilograma de cimento
- $\alpha$  = Teor de argamassa seca da mistura (%)

A estimativa inicial da quantidade de água pode ser feita com base nos valores fornecidos pela tabela 2.17.

**TABELA 2.17** – Valores da relação água/mistura seca (H) em função da Dimensão Máxima Característica do agregado graúdo e do tipo de adensamento (Prudêncio, 1999)

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO	TIPO DE ADENSAMENTO	
	MANUAL	MECÂNICO
9,5mm	11,5%	11,0%
19mm	10,0%	9,5%
25mm	9,5%	9,0%
38mm	9,0%	8,0%
50mm	8,5%	7,0%

**OBSERVAÇÃO:**

- Estes valores foram obtidos para agregados comuns (areia média de rio, brita de granito). Para seixo rolado, diminuir 1% em cada valor.

Conhecido o desdobramento dos agregados e a quantidade de água do traço 1:5 (piloto), inicia-se a primeira iteração para a verificação do teor de argamassa adotado inicialmente.

Com o material convenientemente pesado, procede-se a mistura, utilizando-se preferencialmente, equipamento similar ao que será usado no canteiro. A verificação do teor de argamassa ( $\alpha$ ) é feita de forma qualitativa e visual utilizando-se para tal, do artifício de passar uma colher de pedreiro sobre a superfície do concreto verificando-se a “aspereza” da superfície, presença de vazios e o poder de cobrimento da argamassa sobre o agregado graúdo.

Outra forma de verificação do teor de argamassa adotado é o ensaio de abatimento pelo tronco do cone (Slump Test). Isto é feito observando se a superfície do concreto, após a retirada do cone, apresenta vazios. A coesão da mistura pode ser avaliada quando, ao golpear-se lateralmente o concreto com a haste de adensamento utilizada no ensaio, ocorre o desprendimento do agregado graúdo, o que indica falta de coesão da mistura.

Uma vez constatado a deficiência de argamassa na mistura e conhecidos os teores de cimento, agregados e água para se produzir, por exemplo, 20 litros de concreto, são realizados acréscimos de cimento, areia e água de modo a aumentar o teor de argamassa da mistura de 2% em 2%, mantendo-se o traço  $m=5$  (teor de agregado graúdo constante).

Este procedimento é feito por Tango (1993) como uma regra de três, expressa da seguinte forma:

$$\frac{\text{cimento}}{1,0} = \frac{\text{areia}}{a} = \frac{\text{brita}}{p_i} \quad \text{Eq. (29)}$$

Prudêncio (1999) utilizando este mesmo procedimento generaliza o cálculo dos acréscimos de materiais (cimento, areia) por meio das equações (30), (31), (32) e (33). A tabela 2.18 mostra um exemplo dos cálculos das iterações para a determinação do teor de argamassa ideal para um traço fictício.

$$Qa_i = \frac{a_i * \text{brita}}{p_i} \quad \text{Eq. (30)}$$

$$Qc_i = \frac{\text{brita}}{p_i} \quad \text{Eq. (31)}$$

Incrementos de materiais:

$$QAad_{(i)} = Qa_i - Qa_{(i-1)} \quad \text{Eq. (32)}$$

$$QCad_i = Qc_i - Qc_{(i-1)} \quad \text{Eq. (33)}$$

Onde:

$Qa_i$  = Massa de areia para obter o teor de argamassa  $\alpha_i$ ;

$Qc_i$  = Massa de cimento para obter o teor de argamassa  $\alpha_i$ ;

$QA_{di}$  = Massa de areia seca a ser adicionada a cada betonada para obter o teor de argamassa  $\alpha_i$ ;

$QC_{di}$  = Massa de cimento a ser adicionado a cada betonada para obter o teor de argamassa  $\alpha_i$ ;

**TABELA 2.18** – Exemplo de cálculo para acréscimos de cimento e areia na determinação experimental do teor de argamassa ideal no método IPT/EPUSP (Prudêncio, 1999)

ITERAÇÃO (i)	$\alpha$ (%)	Teor de agregado (m)		Quantidade de material para produzir 20dm <sup>3</sup> de concreto				ASPECTO DA MISTURA	ABAT. (ST) (mm)
		$a_{(i)}$	$p_{(i)}$	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)		
1 adicionar	40	1,4	3,6	7,30 0,25	10,22 1,26	26,28	3,9 0,2	A	Nd
2 adicionar	42	1,52	3,48	7,55 0,27	11,48 1,35	26,28	4,1 0,2	A	Nd
3 adicionar	44	1,64	3,36	7,82 0,29	12,83 1,45	26,28	4,3 0,2	A	Nd
4 adicionar	46	1,76	3,24	8,11 0,31	14,28 1,56	26,28	4,5 0,2	A	70
5 adicionar	48	1,88	3,12	8,42 0,34	15,84 1,68	26,28	4,7 0,1	B	80
6	50	2,00	3,00	8,76	17,52	26,28	4,8	C	75
7	52	2,12	2,88	9,12	19,33	26,28	5,0	C	80

<p><b>LEGENDA:</b></p> <p>A = Pouco argamassado</p> <p>B = Bom aspecto na betoneira, desagregação quando abatido lateralmente.</p> <p>C = Bem proporcionado</p> <p>Nd = Não determinado</p>	<p><b>OBSERVAÇÕES:</b></p> <p>1 – O teor de argamassa ideal foi obtido na iteração nº 6</p> <p>2 – A iteração nº 7 teve todo o material pesado novamente. Acrescentou-se 2% de argamassa para prever perdas durante o transporte e lançamento.</p>
---	--

Uma vez determinado o teor de argamassa ideal do traço 1:5 (piloto), Helene & Terzian (1993) recomendam um acréscimo de 2% a 4% no teor de argamassa ideal a título de compensação de prováveis perdas que podem ocorrer nos processos de transporte e lançamento do concreto. Com o traço piloto ajustado, deve-se realizar uma nova mistura e determinar suas principais características, dentre as quais pode se relacionar:

- A relação água/cimento, necessária para a obtenção da consistência desejada;
- O consumo de cimento por metro cúbico de concreto;
- O consumo de água por metro cúbico de concreto;
- A massa específica do concreto fresco;

- O abatimento pelo tronco de cone (Slump Test) (ST);
- A resistência à compressão do concreto pelo menos nas idades de 3, 7 e 28 dias;

### **2ª ETAPA - Determinação dos traços auxiliares (pobre e rico)**

Como citado anteriormente, uma das características deste método é a determinação experimental do diagrama de dosagem, representando uma família de concreto. Para tanto, faz-se necessário a confecção de duas misturas auxiliares com teores de agregado total (m) variando de uma unidade e meia com relação ao traço 1:5, ou seja:

Traço auxiliar 1 – pobre 1:6,5 (cimento:agregado total, em massa)

Traço auxiliar 2 – rico 1:3,5 (cimento:agregado total, em massa)

Como uma característica da família de traços, estes traços auxiliares deverão, necessariamente, apresentar o mesmo teor de argamassa ( $\alpha$ ) e o mesmo abatimento (ST) determinado para o traço piloto (1:5kg). O desdobramento dos traços auxiliares pode ser feito utilizando-se as equações (27) e (28). Conhecidos os traços auxiliares, deve-se confeccionar misturas experimentais e determinar suas principais características, conforme relacionadas para o traço piloto.

### **3ª ETAPA - Traço do diagrama de dosagem**

Com os dados obtidos experimentalmente para os traços piloto (1:5kg) e auxiliares (1:3,5 e 1:6,5kg), é possível o traçado do diagrama de dosagem e o estabelecimento das correlações matemáticas entre a resistência à compressão axial e relação água/cimento  $f_{c_j} = f(a/c)$ ; traço e relação água/cimento  $m = f(a/c)$ ; consumo de cimento e traço  $C = f(m)$  e resistência à compressão e consumo de cimento  $f_{c_j} = f(C)$ . Helene & Terzian (1993) salientam que o diagrama de dosagem é válido somente para o mesmo tipo e classe de cimento utilizado no estudo de dosagem.

A construção gráfica do diagrama de dosagem é feita em escala apropriada, enquanto que a determinação analítica das expressões que regem as leis de comportamento, pode ser feita por meio de regressões matemáticas. A figura 2.16 mostra a forma usual de apresentação do diagrama de dosagem.

### **4ª ETAPA - Obtenção do traço definitivo**

O traço definitivo é obtido em função do teor de agregado total (m) e relação água/cimento (a/c), obtidos no diagrama de dosagem para uma dada resistência de dosagem ( $f_{c_j}$ ).

Conhecido o traço definitivo, Helene & Terzian (1993) recomendam a verificação experimental da mistura. Neste aspecto Tango (1986) é enfático ao afirmar: *“Todos os métodos de dosagem necessitam de uma comprovação experimental, pois infelizmente até hoje não se encontrou um modelo matemático capaz de representar com exatidão os parâmetros característicos dos materiais e da mistura fresca”*. Helene & Terzian (1993), considerando que os ajustes experimentais

do traço são feitos em decorrência dos resultados de resistência à compressão do concreto, recomendam em caráter orientativo, os quesitos apresentados na tabela 2.20, sob os quais pode-se interferir no traço para eventuais ajustes.

**TABELA 2.19** – Parâmetros de referência para eventuais ajustes no traço definitivo obtido pelo método IPT/EPUSP (*Helene & Terzian, 1993*)

CONDIÇÕES	JUSTIFICATIVA	PROVIDÊNCIAS
1 - $f_{ck_{est}} \leq f_{ck}$  E  $S_c \leq S_d$	1 – O cimento apresenta resultados inferiores ao da média esperada;  2 – O traço de concreto pode estar errado.	1 – Verificar se o traço está correto;  2 – Se o traço está correto, modificar com o aumento do consumo;  3 – Mudar de fabricante de cimento (quando for possível).
2 - $f_{ck_{est}} \leq f_{ck}$  e  $S_c > S_d$	1 – A produção do concreto não está como planejado.	1 – Mudar o traço com o aumento do consumo;  2 – Melhorar a produção do concreto.
3 - $f_{ck_{est}} > f_{ck}$  E  $S_c \leq S_d$	1 – O cimento está na média esperada  2 – A produção de concreto está conforme o esperado.	1 – Manter o traço;  2 – Manter o fornecedor de cimento;  3 – Manter o sistema de produção
4 - $f_{ck_{est}} > f_{ck}$  E  $S_c > S_d$	1 – O cimento apresenta-se com resultados acima da média;  2 – O traço de concreto pode estar errado;  3 – A produção do concreto não está conforme planejado.	1 – Melhorar a produção do concreto;  2 – Manter o fornecedor de cimento;  3 – Verificar se o traço está errado.
5 - $f_{ck_{est}} > 1,15 \cdot f_{ck}$  e  $S_c \leq S_d$	1 – O cimento apresenta-se com resultados acima da média;  2 – O traço de concreto pode estar errado.	1 – Verificar se o traço está errado  2 – Se o traço está correto, modificar com a diminuição do consumo;  3 – Manter o fornecedor de cimento.

**OBSERVAÇÕES:**

- 1 –  $f_{ck_{est}}$  = resistência característica do concreto estimada;
- 2 –  $S_c$  = desvio padrão, oriundo dos resultados da produção do concreto;
- 3 –  $S_d$  = desvio-padrão de dosagem, adotado conforme os valores propostos pela norma NBR12655/96 (TABELA 2.5)
- 4 – Este roteiro tem caráter orientativo e considera que não existem diferenças significativas nos agregados, quando comparados com os utilizados no estudo de dosagem.



### 2.2.3.3 – Outros métodos de dosagem do concreto

Petrucci (1978) enuncia: “...tendo em vista os princípios atrás enunciados, cada tecnologista poderá executar seu próprio método de dosagem...”. Esta afirmação é uma realidade, uma vez que instituições e empresas privadas têm apresentado metodologias próprias de dosagem do concreto. Não é proposta deste trabalho relacionar estas metodologias aplicadas regionalmente, no entanto, como exemplo pode-se citar o:

#### a) MÉTODO PROPOSTO POR RONALDO TARTUCE

Esta metodologia tem sua base em dados experimentais obtidos em central de concreto. Tartuce (1989) desenvolveu curvas e correlações matemáticas para diversos materiais e tipos de concretos a serem utilizados em usinas de concreto. Este autor apresenta uma rotina programável para a obtenção de um traço dado as características dos materiais disponíveis.

#### b) MÉTODO UEM DE DOSAGEM DO CONCRETO

Esta metodologia desenvolvida no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR., tem como objetivo principal a obtenção de parâmetros iniciais para o estudo de dosagem, principalmente no que se refere à porcentagem de argamassa ( $\alpha$ ) e a quantidade de água (H). Seus fundamentos teóricos têm como referência a metodologia do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Martins & Assunção (1998) utilizando uma base de dados de 34 dosagens de concreto definem o que chamam de Módulo de Finura da Mistura de agregados (MFm). Este parâmetro, determinado por regressões matemáticas possibilita a obtenção de valores teóricos para o teor de argamassa ( $\alpha$ ) e teor de água/materiais secos (H) próximos à realidade experimental e propõem as equações (34) e (35) para a estimativa inicial destes parâmetros.

$$\alpha = 80,60 - 5,96 * (MFm) \quad \text{Eq. (34)}$$

$$H = 0,1534 - 0,0136 * (MFm) \quad \text{Eq. (35)}$$

O módulo de finura da mistura dos agregados (MFm) é obtido em função do tipo de agregado graúdo utilizado na produção do concreto. A tabela 2.20 apresenta as proporções médias, em porcentagens, dos agregados na mistura e as expressões de cálculos correspondentes a cada tipo de concreto.

**TABELA 2.20** – Porcentagem de agregados na composição da mistura, em função do tipo de agregado graúdo utilizado na confecção do concreto (Martins & Assunção, 1998)

IDENTIFICAÇÃO COMERCIAL DA BRITA UTILIZADA NA CONFEÇÃO DO CONCRETO	PORCENTAGEM DE AGREGADOS UTILIZADOS NA MISTURA		EXPRESSÃO ANALÍTICA DO MÓDULO DE FINURA DA MISTURA DE AGREGADOS (MFm)
	MIÚDO	GRAÚDO	
BRITA 1 - $\Phi_{\text{máx}} = 19\text{mm}$	45%	55%	$\text{MFm} = 0,450 \cdot \text{MFa} + 0,550 \cdot \text{MFb}$
BRITA 2 - $\Phi_{\text{máx}} = 25\text{mm}$	40%	60%	$\text{MFm} = 0,400 \cdot \text{MFa} + 0,600 \cdot \text{MFb}$
BRITA (1 + 2) (50% de cada uma das britas)	42,5%	57,5%	$\text{MFm} = 0,425 \cdot \text{MFa} + 0,575 \cdot \text{MFb}$

**LEGENDA**

MFa = Módulo de finura do agregado miúdo (areia lavada, natural, quartzosa)

MFb = Módulo de finura do agregado graúdo (pedra britada de basalto)

Considerando esta condição inicial e conhecendo-se os valores relacionados ao módulo de finura dos agregados, determinados segundo a norma NBR 7217 (ABNT), pode-se obter o valor do módulo de finura da mistura dos agregados (MFm). Assim, os valores do teor de argamassa ( $\alpha$ ) e da relação água/mistura seca (H) da mistura inicial ou piloto podem ser estimados pelas equações (34) e (35).

Com relação à estimativa da relação água/cimento, Martins & Assunção (1998) apresentam a equação (36) que retrata a Curva de Abrams para os cimentos utilizados nas dosagens pesquisadas.

$$f_{c_j} = 10,8003 \cdot (a/c)^{-1,7211} \quad \text{Eq. (36)}$$

Desta forma, conhecendo-se o teor de argamassa ( $\alpha$ ), a relação água/mistura seca (H) e a resistência à compressão requerida pelo estudo de dosagem ( $f_{c_j}$ ), é possível fazer a estimativa do traço (1:m:a/c) (piloto), cujo desdobramento 1:a:p:a/c é feito utilizando-se as equações (37) e (38).

$$a = \frac{\alpha \cdot (a/c) - H}{H} \quad \text{Eq. (37)}$$

$$p = \frac{(a/c) \cdot (1 - \alpha)}{H} \quad \text{Eq. (38)}$$

Uma vez definido o traço piloto, é necessária a confecção de duas misturas (traços auxiliares – pobre e rico), mantendo-se constantes, com relação ao traço piloto, o teor de argamassa, a relação água/mistura seca e os consumos do agregado graúdo e da água por metro cúbico de concreto. O consumo de cimento por metro cúbico de concreto, destes traços auxiliares deve variar de 50kg para mais ou para menos, com relação ao consumo de cimento do traço piloto. Conhecida a resistência à compressão dos traços piloto e auxiliares, estarão definidos os pontos que auxiliarão no traçado do diagrama de dosagem para as condições exigidas.

A obtenção do traço definitivo é feita utilizando o diagrama de dosagem. Os procedimentos para a obtenção e ajustes do traço definitivo, são similares aos descritos para o método IPT/EPUSP.

#### **2.2.3.4 - Considerações gerais sobre os diversos métodos pesquisados**

Os principais métodos de dosagem de concretos utilizados atualmente no Brasil (Método do Instituto de Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), Método de dosagem IPT/EPUSP, Método do Instituto de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT) e Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)), apresentam pontos em comum conforme salienta Rodrigues (1998). No entanto, são as diferenças que os caracterizam e determina o maior ou menor uso de um destes métodos.

Boggio (2000) desenvolveu estudos comparativos de dosagem envolvendo diversos métodos de dosagem de concreto. Assim, apresenta-se sucintamente a seguir, algumas observações feitas por este pesquisador à respeito dos métodos de dosagem da ABCP, INT, ITERS e IPT/EPUSP.

##### **a) - MÉTODO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP)**

O método permite a obtenção de um traço inicial a partir de informações básicas de caracterização do agregado, tomando como referência quadros e tabelas que relacionam valores médios, agilizando a tomada de decisões, indicando passos que não exigem muita experiência laboratorial da equipe de dosagem.

Utilizando-se de tabelas constituídas com dados obtidos experimentalmente, o método busca o fornecimento de misturas plásticas com baixos teores de areia e conseqüentes consumos menores de pasta. O inconveniente do método está justamente, segundo este autor, na dependência das tabelas, o que pode acarretar, no caso do uso de materiais com características muito diferentes das previstas no método, ajustes nos proporcionamentos que podem conduzir a concretos inadequados técnica ou economicamente.

Uma outra questão está relacionada ao uso de aditivos, uma vez que o método, na versão da ABCP não prevê a utilização de aditivos na confecção das tabelas e curvas. Boggio (200) recomenda este método quando não se dispor de tempo ou mesmo de recursos técnicos para a realização de ensaios laboratoriais.

##### **b) - MÉTODO DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (INT)**

Com relação a este método, Boggio (2002) ressalta como vantagem o fato de utilizar-se de mínima estrutura laboratorial para o desenvolvimento do método (basicamente exige-se somente avaliações de composições granulométricas). O método faz uso de faixas granulométricas que definem curvas granulométricas ideais, que fornecem, teoricamente, misturas com a máxima compacidade com conseqüente, mínimo de vazios e menores consumos de cimento para uma dada consistência e relação água cimento.

Como restrições ao uso do método, Boggio (2002) cita o fato de que as faixas granulométricas utilizadas foram determinadas para os materiais do Rio de Janeiro. Além do mais, a determinação da curva granulométrica ideal envolve procedimentos de cálculos que podem torna-se trabalhosos e nem sempre, dependendo dos agregados utilizados, conduzem a resultados que forneçam o melhor proporcionamento dos materiais. Este pesquisador recomenda o uso deste método para a obtenção de um traço inicial com relação água cimento prefixada.

c) - MÉTODO DO INSTITUTO TECNOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (ITERS)

Este método, desenvolvido por Eládio Petrucci, foi concebido para ser aplicado sem restrições no que se refere ao tipo de material utilizado nos experimentos. Por possuir características eminentemente experimentais, o método não dispõe de tabelas ou curvas para a estimativa de parâmetros básicos como por exemplo, resistência à compressão em função da relação água/cimento ou ainda, o teor de argamassa da mistura. Estes e outros parâmetros são definidos experimentalmente em função dos materiais disponíveis.

Experimentalmente, o estabelecimento das curvas de trabalhabilidade, traçadas a partir de índices de remoldagem, que correlacionam as relações agregado miúdo/agregado total ( $a/m$ ) e água/mistura seca ( $H$ ) para uma dada consistência, exige equipamentos de laboratório que pode inviabilizar o uso do método. Boggio (2000) recomenda o uso deste método quando for necessária a otimização de misturas que apresentem mínimos teores de argamassa e mínimas relações água/materiais secos ou ainda, quando se deseja visualizar experimentalmente o comportamento das misturas com relação aos parâmetros retro-mencionados.

d) - MÉTODO DE DOSAGEM IPT/EPUSP

Com relação a este método, Boggio (2000) enfatiza o caráter experimental e a exigência de pouca estrutura laboratorial para o seu desenvolvimento. Esta metodologia procura a obtenção de misturas com teores de argamassa ( $\alpha$ ) ideais, visando o atendimento das necessidades de transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto.

A construção do diagrama de dosagem, a partir de 3 misturas produzidas com teores de agregados totais ( $m$ ) diferentes para um mesmo teor de argamassa ( $\alpha$ ) e uma dada consistência, permite o estabelecimento de famílias de concreto com mesmas características de tal forma, que será facilitada a obtenção de qualquer traço para as faixas de resistência consideradas no diagrama de dosagem.

Principal elemento do método, o diagrama de dosagem permite a representação gráfica das leis de Abrams, Lyse e Molinari, permitindo ao usuário alguma flexibilidade na utilização de materiais, inclusive aditivos.

Este método foi adotado para o desenvolvimento desta pesquisa, tomando como base, além das qualidades mencionadas por Boggio (2000), as seguintes razões:

- Experiência da equipe de dosagem;
- Poucos recursos disponíveis em termos de estrutura laboratorial;
- Necessidade de poucos ensaios laboratoriais;
- Facilidade na determinação experimental do teor de argamassa;
- Para pequenas variações nos agregados que compõem a mistura, o método pode ser facilmente aplicado com aproveitamento das informações já disponíveis.

### **2.3 – Principais propriedades do concreto no estado fresco e endurecido a serem consideradas no estudo de dosagem**

As várias metodologias de dosagem do concreto buscam a compatibilização entre duas propriedades fundamentais para o concreto ou seja, obter misturas que no estado fresco sejam trabalháveis e no estado endurecido atendam aos requisitos de resistência à compressão e durabilidade do concreto.

O concreto tanto no estado fresco quanto no endurecido dispõe de propriedades que estão intimamente ligadas à qualidade da mistura. Assim, entender as questões relacionadas à trabalhabilidade e sua influência na resistência à compressão do concreto é um passo importante no estudo de dosagem.

#### **2.3.1 – Concreto no estado fresco**

##### **2.3.1.1 – Trabalhabilidade da mistura**

As diversas metodologias de dosagem do concreto primam pela busca de concretos que na condição fresca sejam trabalháveis e adequadas às condições de transporte, lançamento e adensamento disponíveis nos canteiros. A trabalhabilidade conceitualmente, não apresenta uma definição única, sendo na maioria das vezes representativa de algumas características inerentes à mistura fresca. Apontando neste sentido Newman *apud* Murdock & Brook (1979) propõe que a trabalhabilidade seja representada por três características.

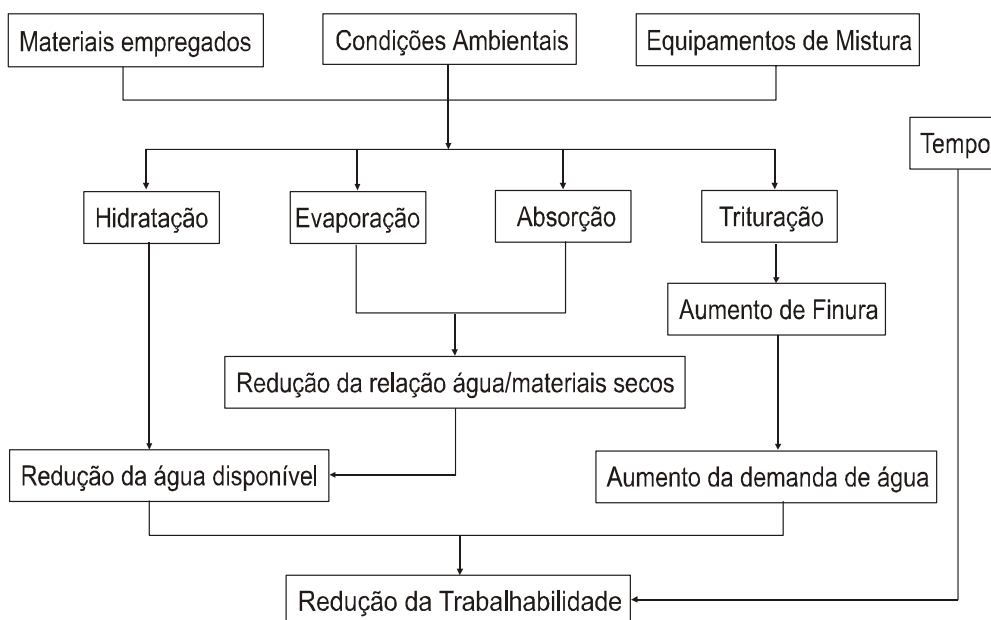
- 1º- A compactibilidade (facilidade do concreto em ser compactado e se remover os vazios de ar);
  - 2º- A mobilidade (facilidade pela qual o concreto pode fluir entre as fôrmas, através das armaduras e ser remoldado);
  - 3º- A estabilidade (capacidade do concreto em manter a estabilidade, coesão e homogeneidade da mistura durante o processo de vibração sem a segregação de seus componentes).
-

Sobral (1990) entende ser a trabalhabilidade do concreto uma propriedade de avaliação mais subjetiva do que física. Este autor vincula a trabalhabilidade à reologia da mistura uma vez que é neste campo da ciência que se estuda as questões relacionadas com os escoamentos, cisalhamentos, viscosidade, sedimentação e freqüência de vibração. A conjunção destes parâmetros, segundo ele, é que caracteriza a trabalhabilidade da mistura.

Enquanto no concreto endurecido a relação água/cimento é fundamental em termos de resistência mecânica, na condição plástica ganha importância a porcentagem da massa de água em relação à massa da mistura fresca (relação água/mistura seca) (H). Este parâmetro tem influência significativa na trabalhabilidade, uma vez que interfere diretamente na consistência da mistura tornando-a mais plástica, mais trabalhável (Neville, 1997 e Sobral, 1990).

Mesmo considerando a trabalhabilidade como uma propriedade de valor relativo e de difícil definição, Petrucci (1978) a conceitua como: “*A propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perda de sua homogeneidade*”. Neste sentido este pesquisador e Sobral (1990) consideram que a trabalhabilidade pode sofrer interferência de fatores intrínsecos e externos à mistura, sendo afetada pela consistência e coesão, condições de manipulação e características do projeto.

Giammusso (1992) considera que a consistência e a coesão são os principais parâmetros que caracterizam trabalhabilidade da mistura. A figura 2.17 mostra alguns fatores que podem influenciar a trabalhabilidade do concreto fresco.



**FIGURA 2.17** - Principais fatores que influenciam na trabalhabilidade da mistura  
(Giammusso, 1995 apud Boggio, 2000)

### 2.3.1.2 – Formas de reconhecimento de uma mistura trabalhável de concreto

Conforme citado, a trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação subjetiva. No entanto, Sobral (1990) e Walz *apud* Sobral (1990) consideram que uma mistura é trabalhável quando apresenta as seguintes características:

- a) Mantém-se bem misturada e homogênea no tempo em que for utilizada;
- b) Não segrega ou exsuda durante o transporte;
- c) Apresenta pouca ou nenhuma segregação durante o manuseio e lançamento;
- d) Pode ser facilmente e adequadamente compactado com os equipamentos disponíveis, preservando sua homogeneidade;
- e) Preenche as fôrmas, envolvendo e aderindo totalmente às armaduras.

A trabalhabilidade do concreto está relacionada ao esforço para manipular uma quantidade de concreto com uma perda mínima de homogeneidade. Mehta & Monteiro (1994), usando este princípio, contrário ao proposto por Sobral (1990), afirmam que a trabalhabilidade não é uma propriedade intrínseca do concreto uma vez que depende do tipo de construção e dos equipamentos disponíveis para o adensamento e acabamento do concreto.

No entanto, por julgarem ser a trabalhabilidade intimamente ligada a fluidez e a coesão da mistura, são taxativos na observância desta propriedade no estudo de dosagem quando apregoam: “... *uma mistura que não possa ser lançada facilmente ou adensada em sua totalidade, provavelmente não fornecerá as características de resistência e durabilidade esperadas*”. Desta forma fazem algumas recomendações que podem auxiliar a compatibilização entre a trabalhabilidade e as exigências de resistência e durabilidade requeridas para o concreto a saber:

- a) A fluidez do concreto fresco não deve ser superior à necessária para os procedimentos de lançamento, adensamento e acabamento do concreto;
- b) Nas situações onde seja necessário aumentar a coesão da mistura, pode-se fazê-lo por meio do aumento da relação areia/agregado graúdo ou aumento da relação pasta/agregado (para uma mesma relação água/cimento). Com relação ao aumento da coesão, Giannusso (1992) recomenda aumentar o teor de cimento e agregado miúdo passante na peneira ABNT 50 (0,3mm) e o uso de aditivo incorporador de ar.
- c) Para misturas que requeiram elevada fluidez, é preferível o uso de aditivos redutores de água que a adição de mais água ao concreto.

### 2.3.1.3 – Formas de medidas de trabalhabilidade

A subjetividade desta propriedade, aliada à sua natureza composta (fluidez, coesão) tornam difícil sua medida analítica. Não existe um método único que faça a medida da trabalhabilidade e o que se tem adotado é a avaliação da consistência do concreto.

Segundo Sobral (1990), os métodos que avaliam a consistência do concreto baseiam-se nos fenômenos da deformação, penetração, compactação e escoamento. A figura 2.18 apresentada

---

por Priszkulnik (1977) mostra a correlação existente entre alguns índices de consistência do concreto para os métodos criados por Abrams, Walz, Fritsch, Graf, Bahrner, Powers, Humm e Lesage.

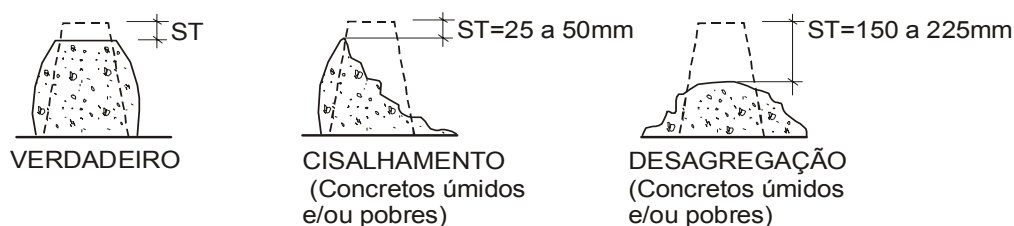
ESQUEMA DE ENSAIOS													
CONSISTÊNCIA	PROPRIEDADES	SLUMP (ABRAMS)	COMPACTAÇÃO (WALZ)	COMPACTAÇÃO (FRITSCH)	FLUIDEZ (GRAF)	TEMPO VEBE (BAHRNER)	ESFORÇO DE REMOLDAGEM (POWERS)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (HUMM)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (GRAF)	TEMPO DE FLUIDEZ L.C.P.C. (LESAGE)			
		SLUMP s (cm) APÓS REMOÇÃO DO BALDE	GRAU DE COMPACTAÇÃO V=40/40 -s (DIN 1048)	COMPACTAÇÃO EM PRINCÍPIO DE ACORDO COM WALZ	DIÂMETRO (D)(cm) APÓS 15 GOLPES (DIN 1048)	TEMPO DE VIBRAÇÃO (s) ATÉ QUE O DISCO ESTEJA COMPLETAMENTE ADJACENTE AO CONCRETO (VEBE)	NUMERO DE GOLPES ATÉ QUE O DISCO E O CONCRETO TENHAM A MESMA ALTURA	NÚMERO DE GOLPES ATÉ QUE SEJA ATINGIDA A PROFUNDIDADE DE 2,5 OU 10 CM E O CONCRETO PENETRAÇÃO DE 10 CM NO CONCRETO	PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO (CM) APÓS A QUEDA LIVRE DE UM CORPO NO CONCRETO COMPACTADO DE UMA ALTURA DE 20 CM (DIN 1048, EXCLUÍDA)	TEMPO (s) NECESSÁRIO PARA O CONCRETO FLUIR ATÉ UMA MARCA HORIZONTAL GRAVADA NA EXTREMIDADE DO MOLDE			
K1 Concreto Rígido	Mais frida do que a terra seca	Solo	Vibração ou Socamento	0 - 2	1,45 - 1,26	1,40 - 1,19	-	40 - 8	50 - 27	SOLTO 8	VIBRADO 30 - 14	2 - 6	60 - 30
K2 Concreto Plástico	Plástica	Trilha de água até excessivo	Vibração ou Socamento	2 - 8	1,25 - 1,11	1,25 - 1,11	28 - 40	10 - 3	27 - 10	5	20 - 6	6 - 14	30 - 5
K3 Concreto Fluido	Fluida	Fluindo	Socamento ou Semelhante	8 - 14	1,10 - 1,04	1,05 - 1,00	39 - 50	3 - 1	11 - 3	2	7 - 2	14 - 23	5 - 1

**FIGURA 2.18** – Correlação entre alguns índices de consistência do concreto (Priszkulnik, 1977).

No Brasil a consistência do concreto fresco é avaliada pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test) criado por Abrams e descrito na norma NBR NM 67/1996 da ABNT.

Apesar de ser um método prático, rápido e de uso fácil tanto em canteiro quanto em laboratório, este método apresenta, segundo Neville (1997), restrições para concretos secos ou pobres. Além disso, este ensaio não avalia a facilidade de adensamento do concreto, não refletindo as condições da mistura quando esta é submetida a condições dinâmicas (vibração, acabamento, bombeamento). Apesar destas restrições, este autor recomenda o uso de canteiro uma vez que o ensaio pode mostrar variações circunstanciais na mistura causadas, por exemplo, por variações de materiais ou na umidade do concreto (relação água/materiais secos).

A figura 2.19 mostra algumas formas características de abatimento do concreto fresco em função do tipo de mistura.



**FIGURA 2.19** - Formas de abatimento do concreto fresco (Neville, 1997).



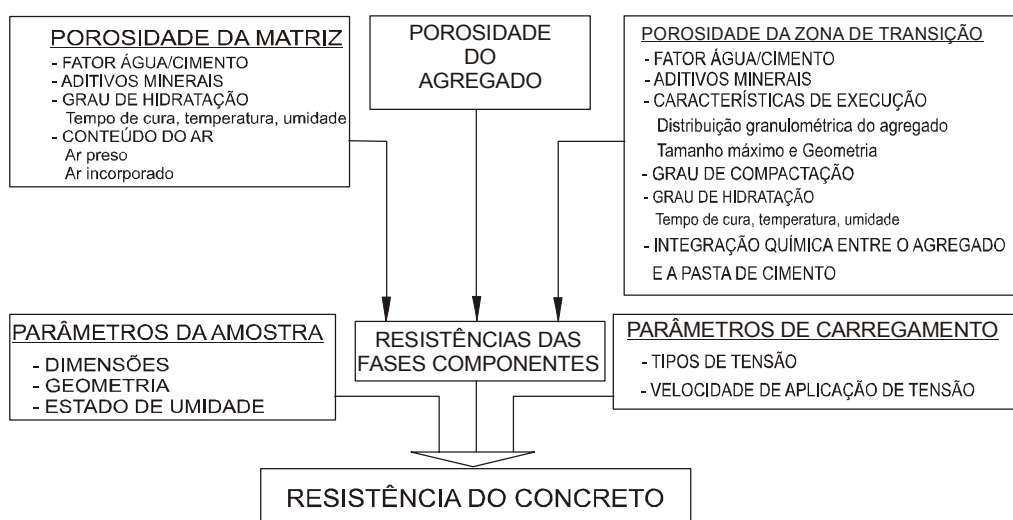
## 2.3.2 – Concreto endurecido.

### 2.3.2.1 – Resistência a Compressão Axial

As metodologias de dosagem dos concretos convencionais, normalmente adotam como parâmetro para avaliação do concreto endurecido a resistência à compressão, muito embora seja necessário em alguns tipos de obra, a avaliação de outras propriedades (tração, fadiga, permeabilidade entre outros).

Esta característica física do concreto tem sido utilizada como parâmetro de aceitação ou rejeição de estruturas de concreto por permitir uma avaliação global do concreto. Neville (1997) vincula a resistência à compressão do concreto a estrutura da pasta de cimento hidratada, mais especificamente, à relação água/cimento e ao grau de adensamento da mistura, considerando nos concretos adensados plenamente como válida a Lei de Abrams.

Mehta & Monteiro (1994) entendem o concreto como um material complexo para o prognóstico de resistência, uma vez que esta propriedade está intimamente ligada à porosidade da matriz de cimento e a porosidade da zona de transição entre cimento e o agregado. A figura 2.20 mostra os principais fatores que interferem na definição da resistência à compressão do concreto segundo os conceitos de Mehta & Monteiro (1994).



**FIGURA 2.20** - Fatores intervenientes na definição da resistência à compressão do concreto (Mehta & Monteiro, 1994)

Para Helene & Terzian (1993), vários são os fatores que podem interferir na resistência a compressão do concreto, dentre os quais relacionam a heterogeneidade dos materiais (cimento, agregado, água e aditivo), a variabilidade dos proporcionamento destes materiais, a qualidade e operação dos equipamentos de dosagem e mistura e as eficiências das operações de ensaio e controle.

Mehta & Monteiro (1994) coadunando com este pensamento, mas considerando a complexidade de justificar a influência destes fatores na resistência a compressão, agrupa-os em três categorias distintas identificadas como:

- Características e proporções dos materiais
- As condições de cura do concreto
- Os procedimentos de ensaios.

a) CARACTERÍSTICAS E PROPORÇÕES DOS MATERIAIS:

Relação água/cimento – descrita pela Lei de Abrams, (eq.1), determina a porosidade da pasta de cimento em qualquer estágio de hidratação (Neville, 1998). Desta forma Mehta & Monteiro (1994) destacam que para concretos de baixa e média resistência, as porosidades da matriz de cimento e da zona de transição determinam a resistência, sendo válida a interdependência entre a relação água/cimento e resistência ou seja, o aumento da relação água/cimento causará aumento na porosidade com conseqüente diminuição da resistência.

Tipo de cimento: A influência do cimento é observada no valor e na evolução da resistência com o tempo. Mehta & Monteiro (1994) observam que sob condições padrões de cura, a uma dada relação água/cimento e a pequenas idades (até 90 dias), diferentes tipos de cimentos apresentam diferentes graus de hidratação conseqüentemente, apresentarão diferentes níveis de porosidade da pasta endurecida. Helene & Terzian (1993) apresentam algumas correlações obtidas experimentalmente, em seis tipos de cimentos produzidos no Brasil. A figura 2.14 é um exemplo destas correlações.

Agregados: A resistência dos agregados naturais, segundo Mehta & Monteiro (1994), normalmente não é um fator determinante na resistência do concreto. No entanto, características como o tamanho, forma, textura de superfície, distribuição granulométrica e a mineralogia dos agregados influem na resistência do concreto, por alterações na relação água/cimento e na zona de transição.

Mudanças na granulometria do agregado, sem alterações no diâmetro máximo do agregado gráudo mantendo-se constante a relação água/cimento, pode interferir na resistência do concreto se as alterações mencionadas provocarem mudanças na consistência, nas características físicas e na exsudação da mistura fresca. Neville (1997), mesmo considerando a resistência do concreto como uma condição de pleno adensamento a uma dada relação água/cimento independentemente da granulometria do agregado, destaca a importância deste parâmetro à medida este que tem influência na trabalhabilidade da mistura. Ainda segundo este pesquisador, para que uma mistura seja satisfatoriamente trabalhável deverá conter uma quantidade suficiente de material menor que 300 $\mu$ . A norma *NBR 7211/83 – Agregados para concreto*, da ABNT, sugere como recomendáveis para concretos as areias cujas granulometrias se enquadrem na tabela 2.21.

**TABELA 2.21** -Limites granulométricos para agregado miúdo (*NBR 7211/83*)

PENEIRA ABNT	PORCENTAGEM DE MASSA RETIDA E ACUMULADA NA PENEIRA ABNT			
	Zona 1 (Muito Fina)	Zona 2 (Fina)	Zona 3 (Média)	Zona 4 (Grossa)
9,5mm	0	0	0	0
6,3mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8mm	0 a 5 <sup>A</sup>	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4mm	0 a 5 <sup>A</sup>	0 a 15 <sup>A</sup>	0 a 25 <sup>A</sup>	5 <sup>A</sup> a 40
1,2mm	0 a 10 <sup>A</sup>	0 a 25 <sup>A</sup>	10 <sup>A</sup> a 45 <sup>A</sup>	30 <sup>A</sup> a 70
0,6mm	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3mm	50 a 85	60 <sup>A</sup> a 88 <sup>A</sup>	70 <sup>A</sup> a 92 <sup>A</sup>	80 <sup>A</sup> a 95
0,15mm	85 <sup>B</sup> a 100	90 <sup>B</sup> a 100	90 <sup>B</sup> a 100	90 <sup>B</sup> a 100

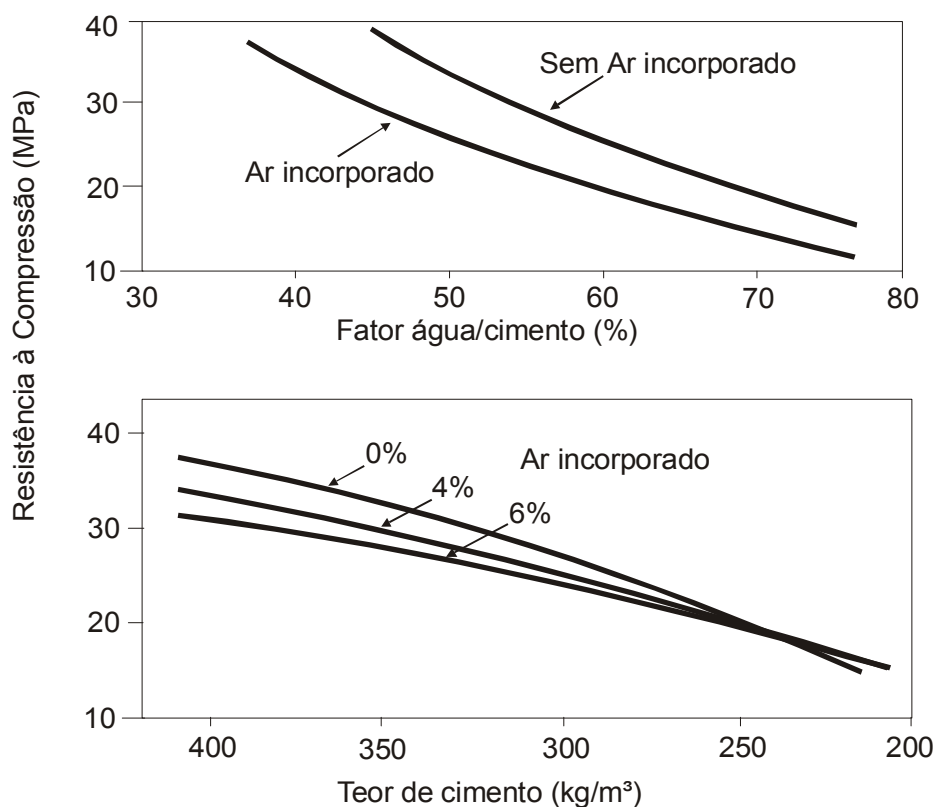
( A ) - Pode haver uma tolerância de até um máximo de 5 unidades de porcentagem em um só dos limites marcados com a letra "A" ou distribuídos em vários deles

( B ) - Para agregado miúdo resultante de britamento este limite poderá ser 80%

Aditivos: – Neville (1997) no que se refere à resistência do concreto afirma: "*A rigor, a resistência do concreto é influenciada pelo volume de todos os vazios: ar aprisionado, poros capilares, poros do gel e ar incorporado, quando presente*".

Nesse sentido Mehta & Monteiro (1994), quando se referem ao uso do aditivo incorporador de ar, alertam sobre o aumento na porosidade da matriz da pasta de cimento com a conseqüente redução da resistência do concreto. No entanto, estes pesquisadores apregoam que mesmo com a perda da resistência devido a porosidade da matriz do cimento, a presença do aditivo incorporador de ar promove a melhoria da trabalhabilidade e da compacidade da mistura, tendendo com isso aumentar a resistência na zona de transição. A figura 2.21 mostra a influência do ar incorporado na resistência do concreto.

Segundo Mehta & Monteiro (1994), para uma dada relação água/cimento ou consumo de cimento, o aditivo incorporador de ar, na maioria das situações, diminui a resistência. A exceção pode ocorrer nos concretos de baixos consumos de cimento, onde a redução do volume de água causado pela incorporação do ar, pode levar ao aumento da resistência.



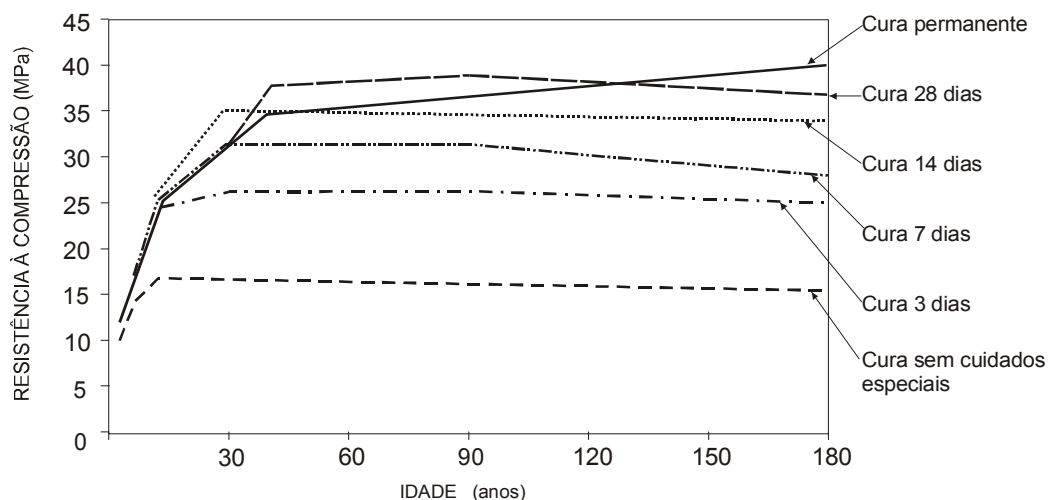
**FIGURA 2.21** -Influência na relação água/cimento, consumo de cimento e resistência à compressão do concreto causado pelo ar incorporado (Mehta & Monteiro, 1994).

Aditivos redutores de água e os retardadores podem interferir positivamente nas resistências, principalmente nas primeiras idades, não interferindo significativamente nas resistências finais. Os aditivos aceleradores geralmente interferem negativamente nas resistências finais do concreto.

#### b) AS CONDIÇÕES DE CURA DO CONCRETO.

A cura do concreto é descrita por Mehta & Monteiro (1994) como “...procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento, consistindo do controle do tempo, temperatura e condições de umidade, imediatamente após a colocação do concreto nas fôrmas”. Para Levy & Helene (1996) deficiência na cura do concreto significa reduções na resistência à compressão, sendo que o efeito disso poderá ser sentido na durabilidade do concreto, especialmente nas peças esbeltas confeccionados com concretos de relação água/cimento elevado.

O tempo, a temperatura e a umidade de cura têm influência na resistência do concreto à medida que interferem na hidratação do cimento e podem evitar o surgimento de fissuras. A figura 2.22 mostra a influência da cura úmida na resistência à compressão para um concreto confeccionado com relação água/cimento igual a 0,50.



**FIGURA 2.22** - Influência da cura úmida na resistência do concreto.  
(Levy & Helene, 1996).

Com relação ao tempo de cura, Levy & Helene (1996), sugerem que os procedimentos de cura do concreto utilizando a molhagem das peças, sejam mantidos no mínimo por dez dias consecutivos. Segundo estes pesquisadores, este tempo satisfaz a necessidade da maioria dos concretos convencionais. A tabela 2.22 apresenta os tempos mínimos de cura em função do tipo do cimento e da relação água/cimento.

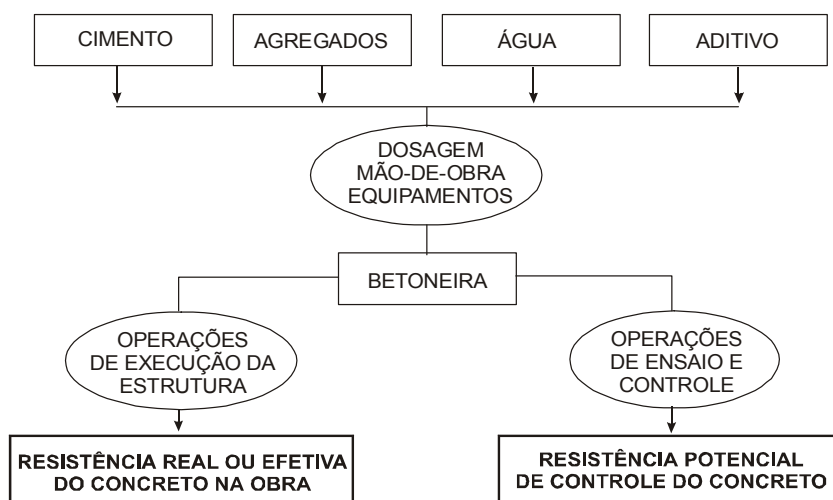
**TABELA 2.22** – Tempo mínimo de cura em função do tipo de cimento Portland e da relação água/cimento (Levy & Helene, 1996)

TIPO DE CIMENTO PORTLAND	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO			
	0,35	0,55	0,65	0,70
CP I e II 32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP IV-POZ 32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP III-AF 32	2 dias	5 dias	7 dias	10 dias
CP I e II 40	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias
CP V - ARI	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias

### c) PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

A resistência à compressão é um parâmetro que aponta para a aceitação ou rejeição de uma estrutura de concreto. Este parâmetro no entanto, é avaliado por meio de corpos-de-prova obtidos de amostras do concreto fresco, estando sujeito portanto, às variações decorrentes das etapas do processo de coleta, moldagem, dentre outros. É a resistência potencial do concreto.

A igualdade entre a resistência potencial e a real, segundo Helene & Terzian (1993), nunca poderá ser obtida dada à independência entre as operações de execução da estrutura e as operações de ensaio e controle, conforme mostrado na figura 2.23.



**FIGURA 2.23** - Resistência à compressão no aspecto real e potencial do concreto. *(Helene & Terzian, 1996).*

Para estes pesquisadores, a correspondência entre as resistências efetivas e potencial do concreto somente poderá ser estabelecida por meio do controle tecnológico das etapas envolvidas na sua produção. Somente desta forma se poderiam avaliar as variabilidades na resistência à compressão do concreto. A tabela 2.23 relaciona os principais fatores, que segundo Helene & Terzian (1993), são os responsáveis pela variabilidade nos valores da resistência à compressão do concreto.

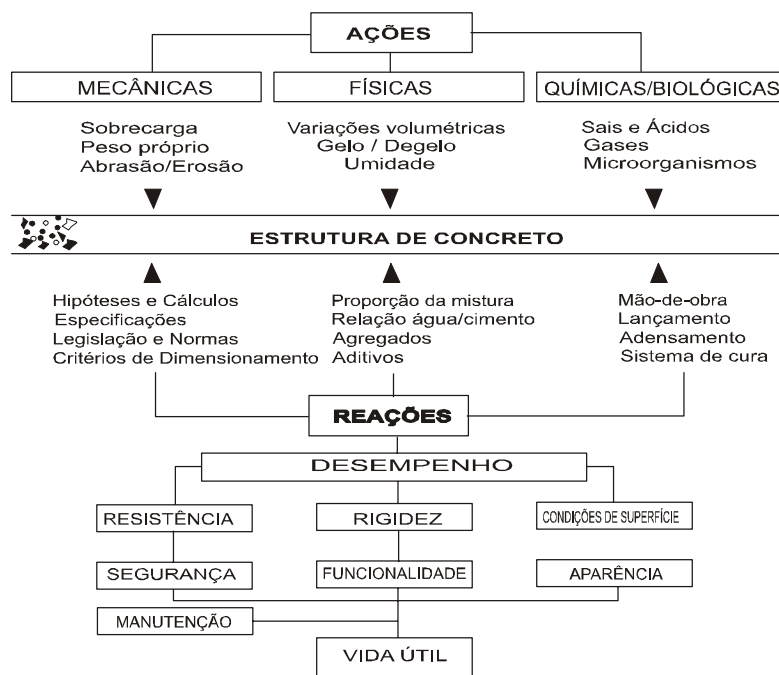
**TABELA 2.23** - Principais fatores intervenientes no resultado da resistência à compressão potencial do concreto medido nos corpos-de-prova. *(Helene & Terzian, 1993)*

- MATERIAIS	- Variabilidade da resistência do cimento - Variabilidade da quantidade total de água - Variabilidade dos agregados
- MÃO DE OBRA	- Variabilidade do tempo e procedimento de mistura
- EQUIPAMENTOS	- Ausência de aferição de balanças - Mistura inicial, sobre e subcarregamento, correias
- PROCEDIMENTO DE ENSAIO	- Coleta imprecisa - Adensamento inadequado - Cura - Arremate inadequado dos topos - Velocidade de carregamento na ruptura

**2.3.2.2 – A dosagem relacionada a alguns aspectos da durabilidade do concreto**

A durabilidade de uma estrutura de concreto armado está vinculada, entre outras coisas, à qualidade do concreto. Assim, a qualidade e a proporção adequada dos materiais, o processo de fabricação, a forma de lançamento e adensamento, o sistema de cura e o ambiente que circunda a edificação são alguns itens que devem ser avaliados na concepção da mistura.

Castro *apud* Botter (2001) entende que a estrutura de concreto armado, quando vista sob o aspecto do desempenho estrutural e manifestações patológicas, deve ser analisada na sua integralidade, ou seja, desde seu planejamento, sua execução e a utilização. Desta forma, como a estrutura está exposta a ações mecânicas, físicas, químicas e/ou biológicas, para que aconteça o equilíbrio há necessidade de se promover ações de reação no sentido de minimizar os efeitos que causam a deterioração da estrutura. Essas ações e reações segundo e esquematizado por este autor, estão representadas na figura 2.24.



**FIGURA 2.24** – Modelo de equilíbrio de uma estrutura de concreto  
(Castro *apud* Botter, 2001)

A norma NBR 6118/2003 propõe algumas diretrizes e estabelece critérios a serem observados na concepção dos projetos com vistas à durabilidade. No que se refere ao concreto esta norma é explícita quando relaciona a durabilidade às características do concreto e a espessura e qualidade do concreto de cobertura das armaduras.

No que se refere à espessura do revestimento, a NBR 6118/2003 propõe os valores transcritos na tabela 2.24, enquanto que para a mistura estabelece os valores máximos para a relação água/cimento mostrados na tabela 2.8.

**TABELA 2.24** – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$  (NBR 6118, MAR 2003, item 7.4)

TIPO DE ESTRUTURA	Componente ou elemento estrutural	CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL			
		(Vide tabela 2.7)			
		I	II	III	IV <sup>(3)</sup>
Cobertura Nominal ( $C_{nom}$ ) (mm)					
Concreto armado	Laje <sup>(2)</sup>	20	25	35	45
	Viga / Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido <sup>(1)</sup>	Todos	30	35	45	55

(1) - Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão;

(2) - Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete de madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas pelo constante no item 7.4.7.5 da norma NBR 6118/2003 respeitado um cobertura nominal  $\geq 15\text{mm}$

(3) - Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal  $\geq 45\text{mm}$

Algumas características do concreto na condição fresca, aliadas a procedimentos básicos nas fases de planejamento, projeto e execução podem evitar patologias que comprometem a durabilidade da estrutura. Manifestações patológicas como segregação, nichos de concretagem e deficiências de cobertura podem ser evitados se promovidas ações tais como:

- Elaboração de misturas com boa trabalhabilidade, pouca exsudação e teor de argamassa apropriada às condições de canteiro,
- Dimensionamento das peças estruturais com densidades de armaduras que permitam concretagens eficientes;
- Cuidados na concretagem de elementos, principalmente nas etapas de transporte, lançamento e adensamento de forma a se obter concretos com alta compacidade e sem nichos de concretagem;
- Uso de dispositivos (espaçadores) que permitam a manutenção das espessuras mínimas de cobertura das armaduras.

O concreto quando bem dosado e aplicado com técnicas que garantam uma boa execução se constitui uma barreira eficiente para a proteção das armaduras, protegendo-as sob o aspecto físico e químico. A proteção física está a cargo da qualidade e espessura da camada de cobertura, enquanto que a proteção química é por uma película protetora formada pela deposição de óxidos gerados pela solução aquosa existente nos poros do concreto

Perdrix (1992) apregoa que a alcalinidade do concreto é causada principalmente pelo hidróxido de cálcio, que se forma durante a hidratação dos silicatos do cimento, e dos álcalis que estão incorporados como sulfatos na formação do clínquer. Estes compostos fazem com que a fase aquosa apresente pH de 12,6 a 14,0 que, se combinada com uma certa quantidade de oxigênio,



promova a passivação da armadura. Para esta autora são duas as causas principais que contribuem para a destruição da camada passivante do aço, a saber:

- 1º - A presença de uma quantidade suficiente de cloretos, adicionado durante o amassamento do concreto ou que penetraram nos poros do concreto vindo do meio externo;
- 2º - A diminuição da alcalinidade do concreto causada por reações com substâncias ácidas do meio, o que pode ocorrer pela circulação de águas puras ou levemente ácidas (lixiviação) nos poros do concreto ou ainda, por reações com os compostos básicos da fase aquosa (NaOH, KOH e  $\text{Ca(OH)}_2$ ) com os ácidos presentes na atmosfera especialmente o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), identificada como “carbonatação” e o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ).

Na maioria das situações quando se assegura um bom cobrimento, intrinsecamente, pode se garantir uma boa proteção para a armadura especialmente quando se dispõe de concretos com baixa permeabilidade, agregados compatíveis com as taxas de armadura e um bom sistema de cura. Helene (1993) reitera que o cobrimento atua não somente como uma barreira física contra agentes químicos e biológicos mas age também como uma barreira eficiente contra a água e o oxigênio, que são os elementos básicos para que se instale um processo de corrosão eletroquímica.

Perdrix (1992) recomenda como sendo uma boa prática para aumentar a durabilidade das armaduras e, por conseqüência, a do concreto as seguintes medidas:

1. Adotar medidas de projeto que evite o máximo de circulação de água na estrutura;
  2. Tomar precauções no sentido de assegurar que o cobrimento da armadura seja de qualidade e espessura adequada às condições de exposição do meio;
  3. Para concretos expostos à ação de cloretos e/ou carbonatação recomenda-se o uso de cimento Portland sem adições. Para situações onde o teor de sulfatos na água for maior ou igual a 400mg/kg ou se em solo for maior ou igual a 300mg/kg o cimento deverá ser o resistente à sulfatos;
  4. Estabelecer misturas com consumos de cimento que permitam uma compacidade e impermeabilidade do concreto sem promover fissurações em decorrência de retrações, utilizando relações água/cimento o mais baixas possíveis;
  5. E finalmente, promover uma boa compactação e assegurar que a cura do concreto seja suficientemente demorada e contínua.
-

## 2.4 – ADITIVOS PARA CONCRETO

### 2.4.1 – Identificação e especificações.

A norma *NBR 11768/97 – Aditivos para concreto de cimento Portland* define aditivos como: “*Produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições*”, identificando-os como se segue:

- a) Aditivo plastificante (tipo P) – Produto que aumenta o índice de consistência do concreto mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de no mínimo 6% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto com determinada consistência.
- b) Aditivo retardador (tipo R) – Produto que aumenta os tempos de início e fim de pega do concreto.
- c) Aditivo acelerador (tipo A) – Produto que diminui os tempos de início e fim de pega do concreto, bem como acelera o desenvolvimento das suas resistências iniciais.
- d) Aditivo plastificante retardador (tipo PR) – Produto que combina os efeitos dos aditivos plastificante e retardador.
- e) Aditivo plastificante acelerador (tipo PA) – Produto que combina os efeitos dos aditivos plastificante e acelerador.
- f) Aditivo incorporador de ar (tipo IAR) – Produto que incorpora pequenas bolhas de ar ao concreto.
- g) Aditivo superplastificante (tipo SP) – Produto que aumenta o índice de consistência do concreto mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de, no mínimo, 12% da quantidade de água de amassamento, para produzir um concreto com determinada consistência.
- h) Aditivo superplastificante retardador (tipo SPR) – Produto que combina os efeitos dos aditivos superplastificante e retardador.
- i) Aditivo superplastificante acelerador (tipo SPA) – Produto que combina os efeitos dos aditivos superplastificante e acelerador.

### 2.4.2.- Aditivos plastificantes.

Os aditivos plastificantes quando adicionados a uma mistura cimentante com a mesma relação água/cimento, aumentam a trabalhabilidade da mistura, ou permitem a redução da água de amassamento (redutores de água) para uma mesma trabalhabilidade.

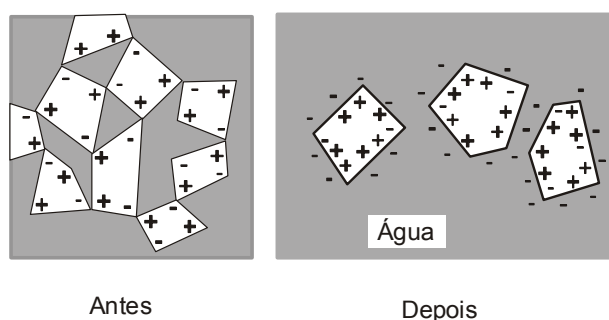
Colleparidi; Tango, *et al* (1983) apresentam o aditivo plastificante como o mais importante na tecnologia do concreto. São aditivos elaborados a base de produtos químicos como lignosulfonatos, ácidos hidróxi-carboxílicos e polímeros hidroxilados.

O mecanismo principal de ação deste tipo de aditivo reside, segundo Prudêncio (1999), na diminuição da tensão superficial da água e conseqüente aumento da dispersão dos finos. São

---

aditivos que por reduzirem o atrito entre a fase líquida e os finos do cimento em suspensão, favorecendo a dispersão e a movimentação entre as partículas de cimento que envolvidas pela água melhoram a plasticidade e a coesão da mistura.

Giammusso (1992) identifica os aditivos plastificantes como redutores de água ou dispersores, sendo que a ação dispersora destes aditivos é provocada pela repulsão entre as partículas de cimento. Segundo este autor, a ação repulsiva entre as partículas de cimento é provocada por moléculas alongadas, com cargas elétricas diferentes, que se alojam na superfície dos grãos de cimento. A fina camada de água entre os grãos de cimento, funciona como um elemento lubrificante entre as partículas. A figura 2.24 mostra uma representação esquemática da ação de um aditivo redutor de água sobre as partículas do cimento.



**FIGURA 2.24** – Representação esquemática da ação de um aditivo redutor de água nos flocos de cimento. (Metha & Monteiro, 1994).

Os aditivos plastificantes, segundo Collepari (1983), tornam-se menos eficientes, com relação ao aumento da trabalhabilidade, quando utilizados em concretos com baixos consumos de cimento. Estes autores recomendam o uso de plastificantes para concretos com consumo de cimento superiores a 200 kg/m<sup>3</sup>.

A resistência à compressão do concreto pode ser aumentada em até 20% quando se utiliza o plastificante como redutor de água (Prudêncio, 1999). Este pesquisador relacionando algumas vantagens deste aditivo recomenda seu uso em concretos quando se deseja dentre outras qualidades, maior resistência mecânica, menor permeabilidade e maior durabilidade, minimização de fissuras e exsudação, melhor proteção e aderência de armadura e facilidade no adensamento e bombeamento do concreto.

### 2.4.3 – Avaliação de desempenho dos aditivos

A norma *NBR 2317/96 – Verificação de desempenho de aditivos para concreto*, da ABNT sugere que a avaliação de desempenho de aditivos seja feita por comparação entre dosagens de concretos com características semelhantes, confeccionados com e sem o aditivo (traço de referência). A tabela 2.24 apresenta os requisitos de desempenho dos concretos confeccionados com os aditivos identificados no item 2.4.1, cujas propriedades devem ser avaliadas comparativamente com o traço de referência.

**TABELA 2.25** - Requisitos de desempenho dos concretos confeccionados com diferentes tipos de aditivos (NBR 2317/96, ABNT)

PROPRIEDADES			TIPOS DE ADITIVOS								
			P	R	A	PR	PA	IAR	SP	SPR	SPA
Relação de água (% mínima)			6	-	-	6	6	-	12	12	12
Tempos de pega (h:min) (MB-2665)	Início	no mínimo	-	+ 1:00	- 1:00	+1:00	± 1:00	-	-	+ 1:00	- 1:00
		não mais que	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	- 3:30	+ 3:30	- 3:30	+ 1:15 - 1:30	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	- 3:30
	Fim	no mínimo	-	-	- 1:00	-	- 1:00	-	-	-	- 1:00
		não mais que	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	-	+ 3:30	-	- 1:15 + 1:30	- 1:00 + 1:30	+ 3:30	-
Exsudação de água (%) (ASTM C 232)		no máximo	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-
m i n i m a	Resistência à compressão (% mínima) (MB-3)	12 h	-	-	-	-	-	-	-	-	150
		3 dias	110	90	125	110	125	90	140	125	125
		7 dias	110	90	100	110	110	90	125	125	125
		28 dias	110	90	100	110	110	90	115	115	100
		90 dias	110	90	90	110	100	90	110	110	100
		180 dias (opcional)	-	-	-	-	-	-	100	100	100
	Resistência à tração por compressão diametral (MB-212) ou tração por flexão	3 dias	100	90	110	100	100	90	110	110	120
		7 dias	100	90	100	100	100	90	100	100	110
		28 dias	100	90	90	100	100	90	100	100	100

**LEGENDA:**

P = Plastificante

R = Retardador

A = Acelerador

PR = Plastificante retardador

PA = Plastificante acelerador

IAR = Incorporador de ar

SP = Superplastificante

SPR = Superplastificante retardador

SPA = Superplastificante acelerador

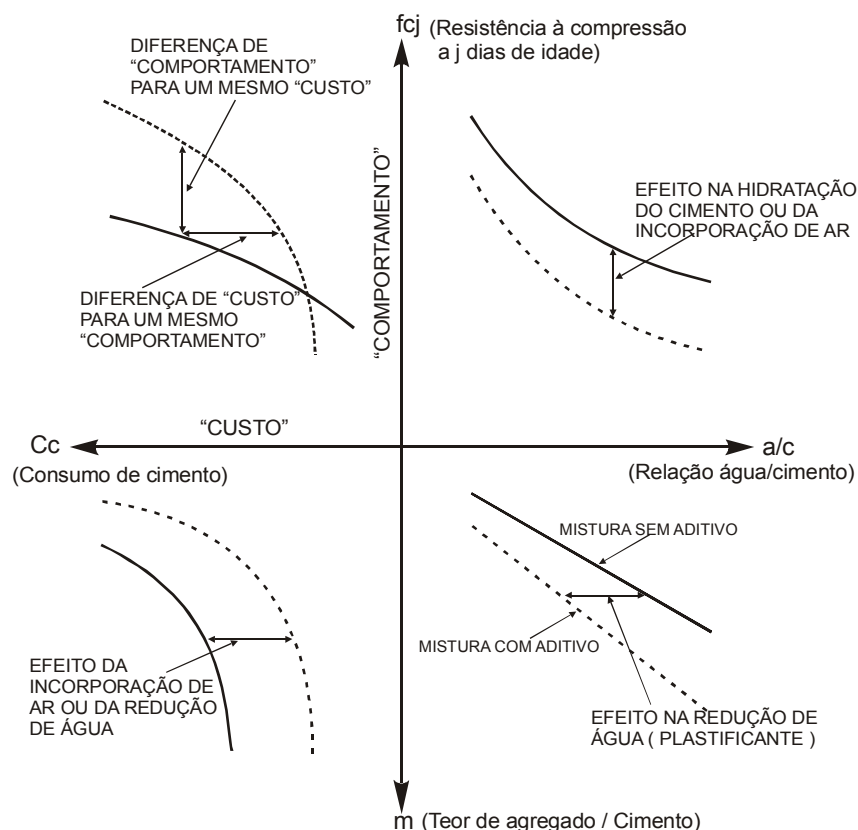
Com relação ao traço de referência a norma NBR 2317/96 (ABNT) recomenda um consumo de cimento de  $(310 \pm 5)$  kg/m<sup>3</sup>, consistência, medida pelo abatimento de tronco de cone, de  $50 \pm 10$  mm e teor de ar incorporado de 1,5% quando não for utilizado aditivo incorporador de ar e 5,5% quando se fizer uso deste tipo de aditivo.

Colleparidi; Tango *et al* (1983) propõem que a avaliação do desempenho de aditivo seja feita utilizando-se de vários traços de concretos confeccionados com e sem aditivo ao invés de apenas dois traços. Este procedimento é proposto em função de que os aditivos atuam sobre os

componentes básicos do concreto (cimento, água e agregados) fazendo com que um mesmo aditivo tenha comportamento distinto dependendo da natureza e do teor destes materiais no traço.

A comparação entre os traços é feita utilizando-se curvas obtidas para famílias de traços de concretos confeccionados com e sem aditivo. Para tanto é utilizado diagramas de dosagem superpostas cujas misturas apresentam a mesma consistência e teor de argamassa ( $\alpha$ ), além de serem produzidos com o mesmo sistema e materiais.

Para manter constantes o teor de argamassa ( $\alpha$ ) e a quantidade de água ( $a/c$ ) do traço, Helene & Terzian (1993) recomendam o incremento de areia e pedra (5% da massa inicial da areia) até se atingir o abatimento da mistura sem o aditivo. Desta forma é possível avaliar os consumos de cimento para os traços com e sem aditivo. A figura 2.25 mostra uma forma típica do diagrama de dosagem para comparação de concretos com e sem aditivo.



**FIGURA 2.25** – Esquema típico do diagrama de dosagem para a avaliação do desempenho de concretos com e sem aditivos (Colleparidi; Tango; et al, 1983)

### 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 – Considerações preliminares

Nesta etapa será feita a descrição e o desenvolvimento dos experimentos envolvidos na pesquisa. Consiste, em um primeiro momento, conhecer as características físicas dos agregados e aglomerantes disponíveis e de uso corrente na região. Para tanto foram feitas coletas dos materiais em vários pontos distribuídos da cidade de Maringá-Pr. para, em seguida, realizar os ensaios básicos de caracterização dos agregados, tomando como referência às recomendações previstas nas normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Uma vez caracterizados os agregados, foram definidas as famílias de concreto, tanto para o caso dos concretos convencionais quanto para os aditivados que darão os subsídios para a definição dos diagramas de dosagem dos concretos, utilizando-se os princípios do método de dosagem IPT/EPUSP. Estas misturas foram dosadas para atender as faixas de abatimento de  $30\pm 10\text{mm}$ ,  $60\pm 10\text{mm}$  e  $100\pm 20\text{mm}$  para o caso dos concretos convencionais e  $30\pm 10\text{mm}$  e  $60\pm 10\text{mm}$  para os concretos aditivados com aditivo plastificante do tipo “P”.

As características obtidas para estes concretos, determinadas pelos diagramas de dosagem, fornecerão as informações para o que é o objetivo maior desta pesquisa ou seja, confeccionar ábacos de dosagem que possam ser representativos para concretos que atendam as faixas de abatimento especificadas acima com os materiais utilizados.

#### 3.2 – Identificação da região de pesquisa

Maringá, por ser considerada uma cidade pólo das regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná, será utilizada como referência de consumo no que se refere ao concreto utilizado na obras da região. A tabela 3.1 apresenta algumas características relacionadas à cidade de Maringá-Pr.

**TABELA 3.1** – Alguns dados estatísticos relacionados a cidade de Maringá/Pr - 2001

##### 1- PERFIL SÓCIO-ECONÔMICO

- População.....	299.000 hab
- Principal atividade econômica.....	Agro-industrial
- Renda per-capita.....	R\$ 6.100,00

##### 2 – INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL – ANO BASE 2002

- Empresas construtoras.....	200
- “Habite-se” expedidos pela Prefeitura Municipal.....	556.425,6m <sup>2</sup>
- Consumo médio estimado de concreto produzido em central.....	8.000 m <sup>3</sup> /mês
- Quantidade estimada de consumo de cimento.....	150.000 sc/mês

FONTE: - [www.maringa.pr.gov.br/dados](http://www.maringa.pr.gov.br/dados)

- SINDUSCON-NOR – Regional Maringá-Pr

- CIMENTO RIO BRANCO S.A / Maringá-Pr

- CONTROLNORT – Engenharia de Controle Ltda – Maringá-Pr

#### 3.3 – Materiais Empregados nos experimentos da pesquisa

Os materiais utilizados nestas pesquisas foram os disponíveis comercialmente e de uso corrente nas obras de Maringá-Pr e região, ou seja, as areias naturais provenientes de rio e as pedras britadas da rocha basáltica.

### 3.3.1 – Agregados miúdos

Os agregados miúdos (areia lavada, quartzosa, natural) utilizados nos concretos confeccionados na cidade de Maringá-Pr., são originários dos rios Paraná e Paranapanema.

Comercialmente encontra-se com facilidade dois tipos de areias, identificadas popularmente como areia média e areia grossa. Os ensaios granulométricos realizados em amostras extraídas aleatoriamente em vários pontos comerciais da cidade, mostram que estas areias, em sua maioria, enquadram-se respectivamente na zona 2 (fina) e zona 3 (média) da norma NBR 7211/83 da ABNT. Alguns destes ensaios são mostrados no anexo 4.

As areias grossas (zona 4), especificadas na referida norma, são de difícil obtenção junto aos portos da região e em conseqüência, concretos confeccionados com este tipo de areia são poucos produzidos na cidade. Desta forma foi feita a opção de adotar nesta pesquisa, as areias ditas finas (zona 2) e médias (zona 3). As figuras 3.2 a 3.5 apresentam características físicas e distribuição granulométrica das areias utilizadas na pesquisa. A tabela 3.2 relaciona os principais portos fornecedores de areia para a cidade de Maringá e região.

**TABELA 3.2** - Principais portos fornecedores de areia lavada que abastecem a cidade de Maringá e região

IDENTIFICAÇÃO DOS PORTOS (Nome comercial)	CIDADE / ESTADO	DISTÂNCIA DE MARINGÁ-PR.
- PORTO JOMAPI	Teodoro Sampaio / SP	205km
- PORTO SÃO JOSÉ	São Pedro do Paraná / Pr.	160km
- PORTO PONTAL	Marilena / Pr.	170km
- PORTO CAIUÁ	Querência do Norte / Pr.	250km
- PORTO CAMARGO	Icaraíma / Pr.	250km
- PORTO GUAÍRA	Guaira / Pr.	280km

A figura 3.1 mostra a localização esquemática dos portos mencionados na tabela 3.2 e as principais cidades da região noroeste do Estado do Paraná com relação à cidade de Maringá-Pr.



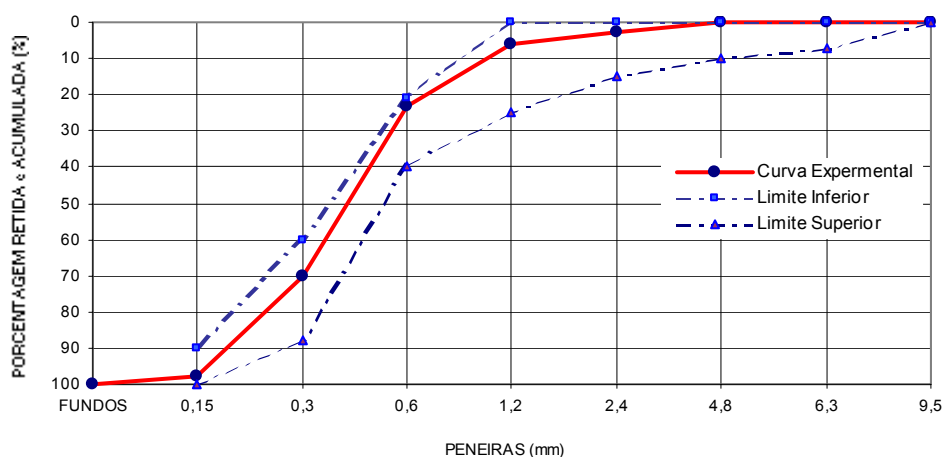
**FIGURA 3.1** – Localização dos Portos de areias com relação à cidade de Maringá-Pr.  
(Governo do Estado do Paraná – Sistema Rodoviários Estadual, 1987).

<b>TIPO DE MATERIAL AVALIADO</b> <b>AREIA LAVADA, NATURAL, QUARTZOSA</b>	<b>PORTO DE ORIGEM</b> <b>PORTO PIONEIRO</b> <small>CIDADE</small> <b>São Pedro do Paraná- PR.</b>	<b>FORNECEDOR</b> <b>DEPÓSITO MANTOVANI</b> <small>CIDADE</small> <b>Maringá – PR.</b>
---	---	---

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

PENEIRAS (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			PORCENTAGEM MÉDIA DO MATERIAL RETIDO E ACUMULADO (%)	LIMITES GRANULOMÉTRICOS (NBR 7211/83)	
	MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL		MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL			AREIA FINA	
		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
9,5	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0	0	
6,3	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0	7	
4,8	4,38	0,4	0,4	3,10	0,3	0,3	0	10	
2,4	22,04	2,2	2,6	22,47	2,2	2,5	3	15	
1,2	37,97	3,8	6,4	36,78	3,7	6,2	6	25	
0,6	168,53	16,9	23,3	157,41	15,8	22,0	23	40	
0,30	472,08	47,3	70,6	466,47	46,7	68,7	70	88	
0,15	275,50	27,6	98,2	290,41	29,1	97,8	98	100	
<b>FUNDOS</b>	<b>18,43</b>	<b>1,8</b>	<b>100,0</b>	<b>21,36</b>	<b>2,2</b>	<b>100,0</b>	<b>100</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>998,93</b>	gramas		<b>998,00</b>	gramas		<b>CLASSIFICAÇÃO DA AREIA (NBR 7211/83)</b>  <b>ZONA 02 – AREIA FINA</b>		
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO $\phi_{\max} = 2,4\text{mm}$				MÓDULO DE FINURA MF = 2,000					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



MASSA ESPECÍFICA (kg/dm³)	MASSA UNITÁRIA e ESPAÇOS VAZIOS DO AGREGADO NA CONDIÇÃO SECA			
	MASSA UNITÁRIA NA CONDIÇÃO (ρ) (kg/dm³)		ESPAÇOS VAZIOS NA CONDIÇÃO (Ev) (%)	
	SOLTA	COMPACTADA	SOLTA	COMPACTADA
<b>2,634</b>	<b>1,593</b>	<b>1,671</b>	<b>39,4</b>	<b>36,5</b>

**FIGURA 3.2 – Ensaio de caracterização física do agregado miúdo - Areia lavada fina**



<b>TIPO DE MATERIAL AVALIADO</b>  <b>AREIA LAVADA, NATURAL, QUARTZOSA</b>	<b>PORTO DE ORIGEM</b> <b>PORTO PIONEIRO</b>  <small>CIDADE</small> <b>São Pedro do Paraná- PR.</b>	<b>FORNECEDOR</b> <b>DEPÓSITO MANTOVANI</b>  <small>CIDADE</small> <b>Maringá – PR.</b>
---	---	---

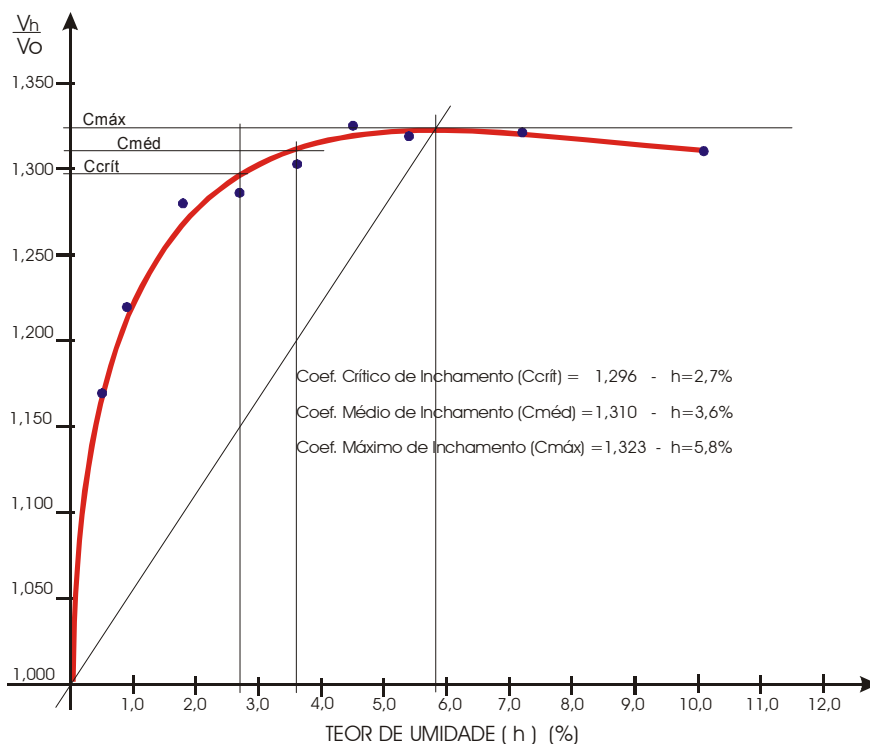
**AVALIAÇÃO DO INCHAMENTO DA AREIA FINA**

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DA AMIOSTRA

Diâmetro Máximo ( $\varnothing_{m\acute{a}x}$ ) = 2,4 mm

- Módulo de Finura (MF) = 2,000

TEOR DE UMIDADE DA AREIA (h) (%)	MASSA UNITÁRIA DA AREIA (kg/dm³)	COEFICIENTE DE INCHAMENTO (Vh / Vo)	OBSERVAÇÕES
0,0	1,591	1,000	Vh/Vo= Variação do Volume Aparente do Agregado provocado pela água superficial; Vh = Volume do Agregado úmido Vo = Volume do Agregado seco hcritico= Teor umidade acima do qual o inchamento permanece praticamente constante;
0,5	1,368	1,169	
0,9	1,317	1,219	
1,8	1,266	1,279	
2,7	1,272	1,285	
3,6	1,266	1,302	
4,5	1,256	1,324	
5,4	1,272	1,318	
7,2	1,292	1,320	
10,1	1,339	1,309	
			Coeficiente Máximo de Inchamento = 1,323 (h = 5,8%) Coeficiente Médio de Inchamento = 1,310 (h = 3,6%) Coeficiente Crítico de Inchamento = 1,296 (h = 2,7%)



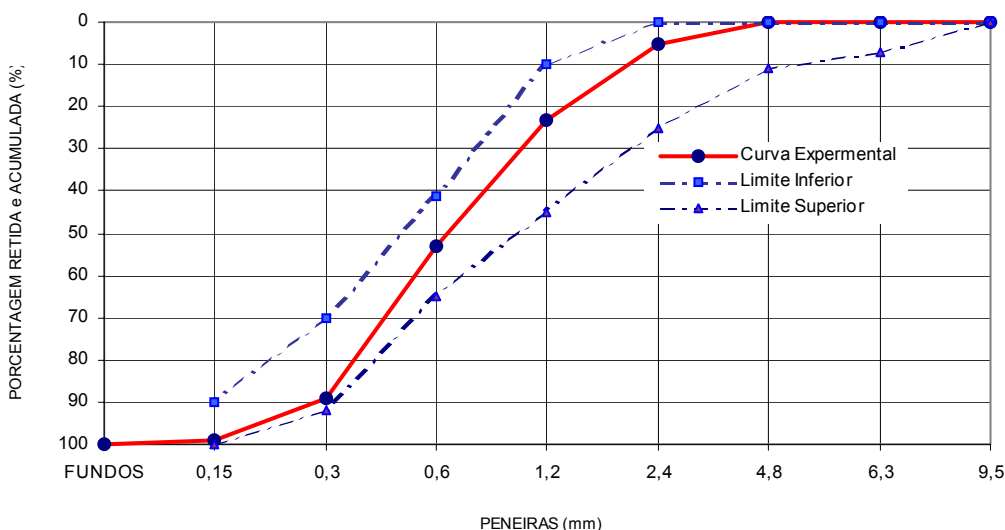
**FIGURA 3.3 – Avaliação do inchamento da areia fina**

<b>TIPO DE MATERIAL AVALIADO</b> <b>AREIA LAVADA, NATURAL, QUARTZOSA</b>	<b>PORTO DE ORIGEM</b> <b>PORTO PIONEIRO</b> <small>CIDADE</small> <b>São Pedro do Paraná- PR.</b>	<b>FORNECEDOR</b> <b>DEPÓSITO MANTOVANI</b> <small>CIDADE</small> <b>Maringá – PR.</b>
---	---	---

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

PENEIRAS (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			PORCENTAGEM MÉDIA DO MATERIAL RETIDO E ACUMULADO (%)	LIMITES GRANULOMÉTRICOS (NBR 7211/83)		
	MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL		MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL			<b>AREIA MÉDIA</b>		
		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
9,5	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	<b>0</b>	0	0	
6,3	0,00	0,0	0,0	0,53	0,1	0,1	<b>0</b>	0	7	
4,8	2,26	0,5	0,5	1,28	0,3	0,4	<b>0</b>	0	11	
2,4	20,08	4,0	4,5	20,97	4,2	4,6	<b>5</b>	0	25	
1,2	98,08	19,7	24,1	83,16	16,7	21,2	<b>23</b>	10	45	
0,6	152,34	30,6	54,7	152,52	30,6	51,8	<b>53</b>	41	65	
0,30	175,16	35,1	89,8	184,81	37,1	88,9	<b>89</b>	70	92	
0,15	45,55	9,1	99,0	48,86	9,7	98,6	<b>99</b>	90	100	
<b>FUNDOS</b>	<b>5,18</b>	<b>1,0</b>	<b>100,0</b>	<b>7,33</b>	<b>1,4</b>	<b>100,0</b>	<b>100</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>498,65</b>	gramas		<b>499,46</b>	gramas		<b>CLASSIFICAÇÃO DA AREIA (NBR 7211/83)</b>			
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO $\phi_{\text{máx}} = 2,4\text{mm}$				MÓDULO DE FINURA MF = 2,690				<b>ZONA 03 – AREIA MÉDIA</b>		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



MASSA ESPECÍFICA (kg/dm³)	MASSA UNITÁRIA e ESPAÇOS VAZIOS DO AGREGADO NA CONDIÇÃO SECA			
	MASSA UNITÁRIA NA CONDIÇÃO (ρ) (kg/dm³)		ESPAÇOS VAZIOS NA CONDIÇÃO (ev) (%)	
	SOLTA	COMPACTADA	SOLTA	COMPACTADA
<b>2,642</b>	<b>1,602</b>	<b>1,684</b>	<b>39,4</b>	<b>36,2</b>

**FIGURA 3.4 – Ensaio de caracterização física do agregado miúdo - Areia lavada Média**

<b>TIPO DE MATERIAL AVALIADO</b>  <b>AREIA LAVADA, NATURAL, QUARTZOSA</b>	<b>PORTO DE ORIGEM</b> <b>PORTO PIONEIRO</b>  <small>CIDADE</small> <b>São Pedro do Paraná- PR.</b>	<b>FORNECEDOR</b> <b>DEPÓSITO MANTOVANI</b>  <small>CIDADE</small> <b>Maringá – PR.</b>
---	---	---

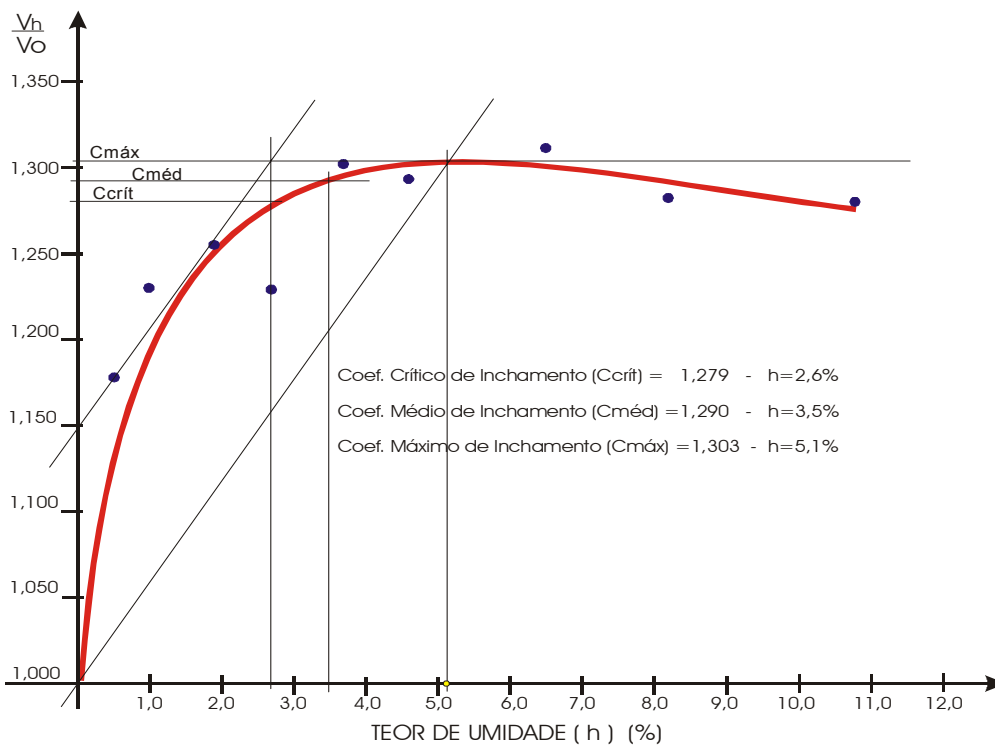
**AVALIAÇÃO DO INCHAMENTO DA AREIA MÉDIA**

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DA AMIOSTRA

Diâmetro Máximo ( $\varnothing_{m\acute{a}x}$ ) = 2,4 mm

- Módulo de Finura (MF) = 2,690

TEOR DE UMIDADE DA AREIA (h) (%)	MASSA UNITÁRIA DA AREIA (kg/dm³)	COEFICIENTE DE INCHAMENTO (Vh / Vo)	OBSERVAÇÕES
0,0	1,602	1,000	Vh/Vo= Variação do Volume Aparente do Agregado provocado pela água superficial; Vh = Volume do Agregado úmido Vo = Volume do Agregado seco Hcrítico= Teor umidade acima do qual o inchamento permanece praticamente constante;
0,5	1,368	1,177	
1,0	1,317	1,229	
1,9	1,302	1,254	
2,7	1,277	1,288	
3,7	1,277	1,301	
4,6	1,297	1,292	
6,5	1,302	1,310	
8,2	1,353	1,281	
10,8	1,388	1,279	
			Coeficiente Máximo de Inchamento = 1,303 (h= 5,1%) Coeficiente Médio de Inchamento = 1,290 (h= 3,5%) Coeficiente Crítico de Inchamento = 1,279 (h= 2,6%)



**FIGURA 3.5 – Avaliação do inchamento da areia média**

### 3.3.2 – Agregado graúdo

Como agregado graúdo adotou-se a pedra britada n° 1 (19mm) e n° 2 (25mm), ambas de uso corrente na confecção dos concretos da região. Estes agregados, provenientes da rocha de origem basáltica, são extraídos e beneficiados em sua maioria na cidade de Maringá.

Os agregados graúdos foram utilizados conforme fornecidos pelas pedreiras, não sofrendo qualquer preparo ou adequação as faixas granulométricas recomendadas pela norma NBR 7211/83. As figuras 3.6 e 3.7 e a tabela 3.4 apresentam os valores obtidos nos ensaios de caracterização e índices de qualidade destes agregados, cujos procedimentos foram executados tomando como referência os recomendados pelas normas da ABNT, relacionadas na tabela 3.3.

**TABELA 3.3** - Relação dos ensaios propostos a serem feitos nas amostras de agregados e aglomerante

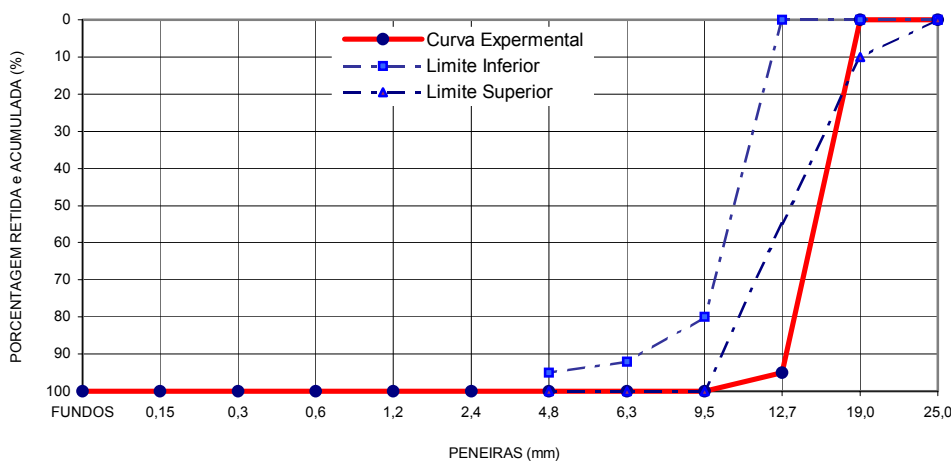
<b>1- ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS</b>	
1.1 - Análise granulométrica	- NBR 7217/87 – AGREGADOS – Determinação da Composição granulométrica
1.2 - Massa específica	- NBR 9776/87 – AGREGADOS – Determinação da Massa Específica de Agregado Miúdo por meio do Frasco de Chapman - NBR 9937/87 – AGREGADOS – Determinação da Absorção e da Massa Específica de Agregado Graúdo
1.3 - Massa Unitária nas condições solta e compactada	- NBR 7215/82 – AGREGADO EM ESTADO SOLTO – Determinação da Massa Unitária - NBR 7810/83 – AGREGADO EM ESTADO COMPACTADO SECO – Determinação da Massa Unitária
1.4 - Teor de umidade e absorção de água	- NBR 9939/87 – AGREGADOS – Determinação do teor de Umidade Total, por Secagem, em Agregado Graúdo - NBR 9777/87 – AGREGADOS – Determinação da Absorção de Água em Agregados Miúdos
1.5 - Inchamento das areias	- NBR 6467/87 – AGREGADOS – Determinação do inchamento de Agregado Miúdo.
1.6 - Coeficientes de Vazios	- NBR NM 45 – AGREGADOS – Determinação da massa Unitária e dos Espaços vazios
<b>2- ÍNDICES DE QUALIDADE DOS AGREGADOS</b>	
2.1 - Resistência aos esforços Mecânicos (Abrasão)	- NBR NM 51/00 – AGREGADOS GRAÚDOS – Ensaio de Abrasão Los Angeles
2.2 - Substâncias Nocivas (Material Pulverulento)	- NBR 7219/83 – Determinação do Teor de Material Pulverulento de Agregados
2.3 - Durabilidade dos Agregados	- DNER – ME 89-64 – Avaliação da Durabilidade de Agregados pelo emprego de Soluções de Sulfato de Sódio
2.4 - Forma do Grão	- NBR 7809/82 – AGREGADOS GRAÚDOS – Determinação do Índice de Forma pelo Método do Paquímetro
<b>3- CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO AGLOMERANTE</b>	
3.1 - Índice de Finura por Peneiramento	- NBR 11579/91 – CIMENTO PORTLAND – Determinação da Finura por Meio da Peneira 75µm (n°200)
3.2 - Tempos de Pega do Cimento	- NBR 11580/91 – CIMENTO PORTLAND – Determinação da Água da Pasta de Consistência Normal - NBR 11581/91 – CIMENTO PORTLAND – Determinação dos Tempos de Pega
3.3 - Resistência à Compressão do Cimento Portland	- NBR 7215/96 – CIMENTO PORTLAND – Determinação da Resistência à Compressão

TIPO DE MATERIAL AVALIADO	PEDREIRA DE ORIGEM	FORNECEDOR
<b>PEDRA BRITADA DE BASALTO</b>	<b>PEDREIRA MAUÁ</b>	<b>PEDREIRA MAUÁ</b>
	CIDADE	CIDADE
	<b>Maringá – PR.</b>	<b>Maringá – PR.</b>

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

PENEIRAS (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			PORCENTAGEM MÉDIA DO MATERIAL RETIDO E ACUMULADO (%)	LIMITES GRANULOMÉTRICOS (NBR 7211/83)		
	MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL		MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL			BRITA 1		
		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
25,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	<b>0</b>	0	0	
19,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	<b>0</b>	0	10	
12,7	4.725,00	94,6	94,6	4.718,00	94,4	94,4	<b>95</b>	-	-	
9,5	247,00	4,9	99,5	252,00	5,0	99,4	<b>100</b>	80	100	
6,3	10,44	0,2	99,7	11,03	0,2	99,6	<b>100</b>	92	100	
4,8	1,75	0,1	99,8	1,69	0,1	99,7	<b>100</b>	95	100	
2,4	1,10	0,0	99,8	1,28	0,0	99,7	<b>100</b>			
1,2	0,16	0,0	99,8	0,20	0,0	99,7	<b>100</b>			
0,6	0,19	0,0	99,8	0,25	0,0	99,7	<b>100</b>			
0,30	0,32	0,0	99,8	0,28	0,0	99,7	<b>100</b>			
0,15	0,70	0,0	99,8	0,69	0,0	99,7	<b>100</b>			
FUNDOS	8,6	0,2	100,0	8,54	0,3	100,0	<b>100</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>4.995,26</b> gramas			<b>4.993,96</b> gramas				CLASSIFICAÇÃO DA BRITA (NBR 7211/83)		
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO				MÓDULO DE FINURA				<b>ENQUADRA-SE COMO BRITA 1</b>		
$\phi_{\text{máx}} = 19,0\text{mm}$				MF = 7,000						

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



MASSA ESPECÍFICA (kg/dm³)	MASSA UNITÁRIA e ESPAÇOS VAZIOS DO AGREGADO NA CONDIÇÃO SECA			
	MASSA UNITÁRIA NA CONDIÇÃO (ρ) (kg/dm³)		ESPAÇOS VAZIOS NA CONDIÇÃO (Ev) (%)	
<b>2,859</b>	SOLTA	COMPACTADA	SOLTA	COMPACTADA
	<b>1,540</b>	<b>1,738</b>	<b>46,1</b>	<b>39,2</b>

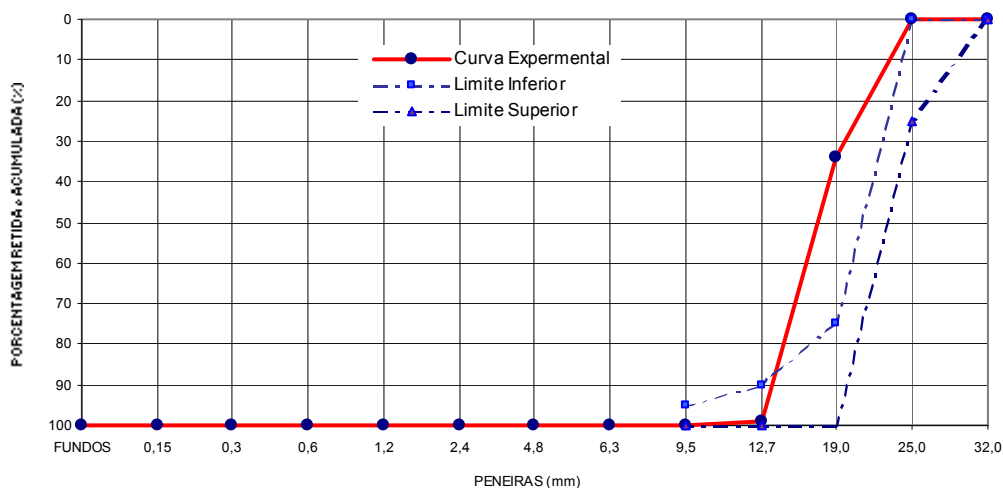
**FIGURA 3.6** – Ensaios de caracterização física de agregado graúdo – Pedra britada de basalto (Brita 1)

TIPO DE MATERIAL AVALIADO <b>PEDRA BRITADA DE BASALTO</b>	PEDREIRA DE ORIGEM <b>PEDREIRA MAUÁ</b> CIDADE <b>Maringá – PR.</b>	FORNECEDOR <b>PEDREIRA MAUÁ</b> CIDADE <b>Maringá – PR.</b>
--	--	--

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

PENEIRAS (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			PORCENTAGEM MÉDIA DO MATERIAL RETIDO E ACUMULADO (%)	LIMITES GRANULOMÉTRICOS (NBR 7211/83)		
	MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL		MASSA DE MATERIAL RETIDO (g)	PORCENTAGEM DE MATERIAL			<b>BRITA 2</b>		
		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		RETIDO (%)	RETIDO E ACUMULADO (%)		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
32,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	<b>0</b>	0	0	
25,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	<b>0</b>	0	25	
19,0	1.690,00	33,8	33,8	1.720,00	34,4	34,4	<b>34</b>	0	100	
12,7	3.270,00	65,5	99,3	3.240,00	64,9	99,3	<b>99</b>	75	100	
9,5	28,68	0,6	99,9	27,90	0,6	99,8	<b>100</b>	90	100	
6,3	0,00	0,0	99,9	0,00	0,0	99,8	<b>100</b>	95	100	
4,8	0,00	0,0	99,9	0,00	0,0	99,8	<b>100</b>			
2,4	0,19	0,0	99,9	0,32	0,0	99,8	<b>100</b>			
1,2	0,16	0,0	99,9	0,19	0,0	99,9	<b>100</b>			
0,6	0,12	0,0	99,9	0,12	0,0	99,9	<b>100</b>			
0,30	0,22	0,0	99,9	0,12	0,0	99,9	<b>100</b>			
0,15	0,43	0,0	99,9	0,49	0,0	99,9	<b>100</b>			
FUNDOS	6,02	0,1	100,0	6,15	0,1	100,0	<b>100</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>4.995,82</b>	gramas		<b>4.995,29</b>	gramas			<b>CLASSIFICAÇÃO DA BRITA (NBR 7211/83)</b>		
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO $\phi_{\text{máx}} = 25,0\text{mm}$				MÓDULO DE FINURA MF = 7,340				<b>ENQUADRA-SE COMO BRITA 2</b>		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



MASSA ESPECÍFICA (kg/dm³)	MASSA UNITÁRIA e ESPAÇOS VAZIOS DO AGREGADO NA CONDIÇÃO SECA			
	MASSA UNITÁRIA NA CONDIÇÃO (ρ) (kg/dm³)		ESPAÇOS VAZIOS NA CONDIÇÃO (Ev) (%)	
	SOLTA	COMPACTADA	SOLTA	COMPACTADA
<b>2,850</b>	<b>1,510</b>	<b>1,747</b>	<b>47,0</b>	<b>38,7</b>

**FIGURA 3.7 – Ensaios de caracterização física de agregado graúdo – Pedra britada de basalto (Brita 2)**

**TABELA 3.4** – Ensaio de Avaliação dos Índices de Qualidade dos Agregados

ENSAIOS	RESULTADOS			
	AREIA NATURAL		PEDRA BRITADA	
	FINA	MÉDIA	BRITA 1	BRITA 2
1 – Teor de material pulverulento	0,4%	0,2%	NFR <sup>(1)</sup>	NFR
2 – Avaliação da impureza orgânica	mais clara	mais clara	NFR	NFR
3 – Abrasão “Los Angeles” (A <sub>B</sub> ) <sup>(2)</sup>	-	-	20,3%	19,3%
4 – Índice de forma (paquímetro) <sup>(3)</sup>	-	-	C/E = 2,3	C/E = 3,4
5 – Durabilidade do agregado pelo emprego de solução de sulfato de sódio <sup>(4)</sup>				
- Mat. Passado # 19mm e retido # 4,8mm	-	-	4,8%	4,4%
- Mat. Passado # 9,5mm e retido # 0,3mm	-	-	6,9%	8,5%

**OBSERVAÇÕES**

- (1) NFR = Não foi realizado
- (2) A<sub>B</sub> = Abrasão “Los Angeles” realizada na graduação “B”
- (3) C/E = Relação entre o comprimento (C) e espessura (E) do grão
- (4) Os valores obtidos para o ensaio de durabilidade são médias ponderadas dos desgastes sofridos pelos grãos na faixa granulométrica avaliada.
- (5) Para a avaliação da impureza orgânica a indicação “mais clara” é feita com relação à coloração da solução padrão

**3.3.3 – Cimento**

Como aglomerante utilizou-se o Cimento Portland Composto com adições de pozolana (CP II-Z-32) produzido pela Votorantin Cimentos e distribuído na região pela empresa Cimento Rio Branco S.A.. Este tipo de cimento foi adotado por ser o de maior disponibilidade e utilização na região.

Os ensaios de caracterização física e química do cimento foram realizados pelo fabricante. Os resultados são apresentados na tabela 3.5 e são relativos à produção dos meses de junho a dezembro/2001, período em que foram executadas as dosagens experimentais.

**TABELA 3.5** – Ensaio físicos e químicos do cimento CII-Z-32 produzidos pela Votorantin Cimentos – (Valores Médios)

DISCRIMINAÇÃO	UNID	MESES – 2001						
		JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>ENSAIOS FÍSICOS</b>								
- Massa específica	g/cm <sup>3</sup>	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
- Mat. Ret.# 200 (75μ)	%	1,82	1,95	1,75	1,47	1,48	1,45	1,45
- Mat. Ret.# 325 (44μ)	%	9,77	9,50	9,25	8,38	8,33	8,89	9,12
- Finura Blaine	m <sup>2</sup> /kg	354	335	339	340	351	403	386
- Água de Consistência	%	28,4	28,5	28,2	27,6	27,9	28,6	286
- Início de Pega	H	4:41	4:22	3:56	3:51	3:45	3:32	4:14
- Fim de Pega	H	5:55	5:34	5:07	5:03	4:56	4:41	5:25
- Expansibilidade a Quente	mm	0,30	0,50	0,42	0,26	0,14	0,23	0,29
- Resistência à Compressão								
Idade : 03 dias	MPa	23,7	25,5	22,9	24,0	24,0	25,9	26,2
Idade : 07 dias	MPa	28,3	29,8	27,7	28,5	28,4	29,5	30,3
Idade : 28 dias	MPa	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7
<b>ENSAIOS QUÍMICOS</b>								
- Perda ao fogo	%	4,98	5,15	4,93	4,96	5,22	5,03	4,97
- Teor de ácido de silício (SiO <sub>2</sub> )	%	23,33	22,81	23,02	23,41	23,65	22,91	23,45
- Teor de óxido de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	7,37	6,69	6,97	7,43	7,31	7,13	7,46
- Teor de óxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	3,08	3,11	3,10	3,17	3,20	3,14	3,22
- Teor de óxido de cálcio total (CaO)	%	52,57	54,44	52,78	51,93	52,86	53,80	52,76
- Teor de óxido de magnésio (MgO)	%	5,39	5,60	5,36	5,25	5,40	5,45	5,40
- Teor de óxido de potássio (K <sub>2</sub> O)	%	1,34	1,27	1,19	1,32	1,35	1,29	1,38
- Teor de óxido de sódio (Na <sub>2</sub> O)	%	0,09	0,03	0,07	0,04	0,02	0,01	0,12
- Teor de óxido de enxofre (SO <sub>3</sub> )	%	2,89	2,90	2,92	3,05	2,97	3,08	2,94
- Teor de óxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	%	4,18	4,41	4,19	4,06	4,41	4,30	4,26
- Resíduo Insolúvel	%	13,22	11,33	12,34	13,54	13,42	11,86	13,41

### 3.4 – Definição dos diagramas de dosagem para as diferentes famílias de concretos

Nesta fase experimental foram definidos os diagramas de dosagem para as diferentes famílias de concretos confeccionados com diferentes agregados para as consistências, medidas pelo abatimento do tronco de cone.

Os diagramas, obtidos por meio de concretos dosados experimentalmente, utilizando-se o método IPT/EPUSP de dosagem, representam os dois tipos de concretos propostos para a pesquisa, ou seja, os ditos convencionais e os aditivados (aditivo plastificante). A seguir são descritas as etapas que foram seguidas na definição destes diagramas de dosagem.



### 3.4.1 – Especificação das famílias de concreto

As famílias de concreto foram especificadas em função dos materiais adotados na pesquisa e pelos tipos de concretos produzidos na região de Maringá-Pr., especialmente no que se refere aos concretos convencionais. Desta forma, identifica-se por exemplo, a família n° 1, que representa os concretos confeccionados com areia média, brita 1 e consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, igual a  $30 \pm 10$ mm.

A tabela 3.6 mostra as especificações das demais famílias de traços que serviram como base para a definição dos diagramas de dosagens para os diferentes tipos de concreto.

**TABELA 3.6 – Especificação das famílias dos diferentes tipos de concretos**

TIPO DE AREIA	CONCRETO CONVENCIONAL			CONCRETO ADITIVADO		
	Família de Concreto	Pedra Britada	Abatimento (ST) (mm)	Família de Concreto	Pedra Britada	Abatimento (ST) (mm)
AREIA LAVADA MÉDIA	1	BRITA 1	$30 \pm 10$	1 - AD	BRITA 1	$30 \pm 10$
	2	BRITA 1	$60 \pm 10$	2 - AD	BRITA 1	$60 \pm 10$
	3	BRITA 1	$100 \pm 20$	3 - AD	BRITA 2	$30 \pm 10$
	4	BRITA 2	$30 \pm 10$	4 - AD	BRITA 2	$60 \pm 10$
	5	BRITA 2	$60 \pm 10$	5 - AD	BRITA (1+2)	$30 \pm 10$
	6	BRITA 2	$100 \pm 20$	6 - AD	BRITA (1+2)	$60 \pm 10$
	7	BRITA (1+2)	$30 \pm 10$			
	8	BRITA (1+2)	$60 \pm 10$			
	9	BRITA (1+2)	$100 \pm 20$			
AREIA LAVADA FINA	10	BRITA 1	$30 \pm 10$	7 - AD	BRITA 1	$30 \pm 10$
	11	BRITA 1	$60 \pm 10$	8 - AD	BRITA 1	$60 \pm 10$
	12	BRITA 1	$100 \pm 20$	9 - AD	BRITA 2	$30 \pm 10$
	13	BRITA 2	$30 \pm 10$	10 - AD	BRITA 2	$60 \pm 10$
	14	BRITA 2	$60 \pm 10$	11 - AD	BRITA (1+2)	$30 \pm 10$
	15	BRITA 2	$100 \pm 20$	12 - AD	BRITA (1+2)	$60 \pm 10$
	16	BRITA (1+2)	$30 \pm 10$			
	17	BRITA (1+2)	$60 \pm 10$			
	18	BRITA (1+2)	$100 \pm 20$			

**OBSERVAÇÕES:**

- 1 – Para os concretos confeccionados com Brita 1 e Brita 2 adotou-se 50% de cada um dos tipos de brita nos traços.
- 2 – A consistência foi medida pelo abatimento do tronco de cone (Slump test) (ST).
- 3 – Utilizou-se o aditivo plastificante do TIPO “P”, marca CEMIX (OTTO BAUMGART S.A.)

### 3.4.2 – Concretos Convencionais – Procedimentos experimentais de dosagem

#### 3.4.2.1 – Traços Piloto (1 : m) e Auxiliares (1 : m<sub>1</sub>, 1 : m<sub>2</sub>) (Pobre e Rico)

Os traços para as diversas famílias de concreto foram desenvolvidos utilizando a metodologia proposta pelo método IPT/EPUSP, cujos conceitos teóricos e procedimentos experimentais básicos são apresentados no item 2.2.3.2.3.

No início dos trabalhos, os concretos foram confeccionados utilizando-se as proporções sugeridas pelo método IPT/EPUSP, ou seja, o traço piloto (1:5)kg e os auxiliares (1:3,5)kg e (1:6,5)kg. Os experimentos feitos no laboratório com estes traços, para as faixas de abatimentos especificadas na tabela 3.6, mostraram que, para alguns casos, os consumos de cimento eram da ordem de 500,0kg/m<sup>3</sup>.

Como os corpos-de-prova utilizados nos ensaios de resistência à compressão têm dimensões básicas de (φ15 x 30)cm, observou-se logo nos primeiros ensaios, feitos nas idades de 3 e 7 dias, que alguns traços poderiam apresentar, aos 28 dias de idade, resistências que poderiam atingir o limite máximo da capacidade nominal de carga do equipamento (prensa mod. MUE 100-marca EMIC, capacidade 100t ), o que poderia comprometer sua integridade.

Assim, em função das limitações impostas pelo equipamento disponível para os ensaios de resistência à compressão e, por não dispor de fôrmas metálicas de menores dimensões (φ10x20)cm, os traços (1:m) utilizados na confecção dos diagramas de dosagem foram os apresentados na tabela 3.7 em detrimento aos sugeridos originalmente pelo método ou seja, piloto (1:5,0)kg e auxiliares (1:3,5)kg e (1:6,5)kg.

**TABELA 3.7** – Traços utilizados na definição dos parâmetros do diagrama de dosagem das famílias de traço

IDENTIFICAÇÃO DOS TRAÇOS	TRAÇOS (Kg)
1 – PILOTO (1 : m)	1,00 : 6,00
2 - TRAÇOS AUXILIARES	
2.1 - Auxiliar 1 (1 : m <sub>1</sub> ) (Pobre)	1,00: 7,50
2.2 - Auxiliar 2 (1 : m <sub>2</sub> ) (Rico)	1,00: 4,50

**OBSERVAÇÃO:**

O agregado miúdo (areia lavada, quartzosa, natural) foi utilizado na condição seco ao ar (teor de umidade variando de 0,0% a 0,1%).

Os desdobramentos dos traços piloto e auxiliares foram feitos utilizando os procedimentos sugeridos por Prudêncio (1999) e descritos no item 2.2.3.2.5. A tabela 3.8 mostra um exemplo deste desdobramento para o caso do traço piloto da família de concreto (família 2) confeccionados com areia média, brita 1 e abatimento (60 ± 10)mm.

**TABELA 3.8** – Exemplo de cálculo para acréscimos de cimento e areia na determinação experimental do teor de argamassa ideal no método IPT/EPUSP (Prudêncio, 1999)

ITERAÇÃO (i)	$\alpha$ (%)	Teor de agregado (m)		Quantidade de material para produzir 20dm <sup>3</sup> de concreto				ASPECTO DA MISTURA	ABAT. (ST) (mm)
		a <sub>(i)</sub>	P <sub>(i)</sub>	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)		
1 adicionar	49	2,43	3,57	14,5 0,3	35,2 1,8	51,8	8,3	B	70
2 adicionar	50	2,50	3,50	14,8 0,3	37,0 1,8	51,8	-	B	50
TRAÇO AJUSTADO	50	2,50	3,50	15,1	38,8	51,8	8,5	C	55

<b>LEGENDA:</b> A = Pouco argamassado B = Bom aspecto na betoneira, desagregação quando abatido lateralmente. C = Bem proporcionado nd = Não determinado	<b>OBSERVAÇÃO:</b> O teor de argamassa ideal foi obtido na iteração nº 2
--	---

### 3.4.2.2 – Ensaios realizados nas misturas de concreto nas condições fresca e endurecida

Para cada um dos traços piloto e auxiliares, para as diversas famílias de concreto pesquisadas, foram realizadas os ensaios para a mistura na condição fresca e endurecida conforme relacionados a seguir:

- Avaliação da consistência por meio de abatimento do tronco de cone, (Slump Test);
- Determinação da massa específica na condição fresca;
- Avaliação do teor de ar aprisionado;
- Estimativa do consumo de cimento por metro cúbico de concreto;
- Moldagem e ruptura de corpos de prova cilíndricos.

Estes ensaios foram realizados segundo os procedimentos recomendados pelas normas da ABNT. Cabe neste ponto tecer algumas considerações a respeito destes ensaios.

#### AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA POR MEIO DO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (ST)

Para a avaliação da coesão da mistura utilizou-se do artifício de aplicar golpes, usando o soquete de adensamento, à base metálica do conjunto de slump e no terço médio da mistura após a retirada da fôrma cônica. Esta avaliação foi feita de forma visual e qualitativa. Os procedimentos de ensaio são os recomendados pela norma NBR NM 67/96 da ABNT.

#### DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO ( $\gamma_{CF}$ )

Para a determinação deste parâmetro foi utilizado um cilindro metálico ( $\phi 20,5 \times 24,4$ cm) calibrado com água à temperatura de  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

O cilindro foi preenchido em duas camadas e a mistura adensada com uso de vibrador mecânico, com diâmetro externo da agulha vibrante igual a 35mm. Os procedimentos utilizados no ensaio são recomendados pela norma NBR 9833/87 da ABNT.

#### ESTIMATIVA DO TEOR DE AR INCORPORADO E/OU APRISIONADO

Este parâmetro foi estimado através de equipamento próprio, identificado como Medidor de Ar Incorporado.

Constituído basicamente por um cilindro com tampa hermeticamente fechada, provido por bomba hidráulica e manômetro acoplado que registra e permite a leitura direta do volume de ar injetado no interior do cilindro com a mistura fresca. O cilindro é o mesmo utilizado no ensaio para a determinação da massa específica do concreto fresco. Os procedimentos utilizados no ensaio são os recomendados pela norma NBR NM 47/96 da ABNT. A expressão de cálculo do teor de ar aprisionado, expresso em porcentagem, é a apresentada nas equações (39).

$$\text{TEOR DE AR} = \left( 1 - \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{ca}} \right) \times 100 \quad (\%) \quad \text{Eq. (39)}$$

Onde:

$\gamma_{cf}$  = Massa específica da mistura da condição fresca obtida dividindo-se a massa do concreto fresco pelo seu volume unitário, em um recipiente de dimensões conhecidas, expressa em kg/m<sup>3</sup>;

$\gamma_{ca}$  = Massa específica da mistura da condição fresca, sem considerar o volume de ar incorporado e/ou aprisionado, expressa em kg/m<sup>3</sup> e calculado pela equação (40)

$$\gamma_{ca} = \frac{Mc + Ma + Mb + Mag}{\frac{Mc}{\gamma_c} + \frac{Ma}{\gamma_a} + \frac{Mb}{\gamma_b} + Mab} \quad \text{Eq. (40)}$$

Onde:

Mc = Massa de cimento (kg)

Ma = Massa de agregado miúdo (kg)

Mb = Massa de agregado graúdo (kg)

Mag = Massa de água (kg)

$\gamma_c, \gamma_a, \gamma_b$  = Massa específica do cimento, agregados miúdo e graúdo, respectivamente (kg/dm<sup>3</sup>)

### MOLDAGEM E RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

Os exemplares que constituíram as amostras de concreto eram compostos por 06 corpos de prova ( $\phi$  15x30cm), retirados de um volume de aproximadamente 55dm<sup>3</sup> de concreto. A mistura foi feita em betoneira de eixo inclinado com capacidade de 320 litros. Os exemplares foram moldados em duas camadas, adensadas com vibrador mecânico com agulha de diâmetro externo igual a 35mm.

Após a retirada das fôrmas, os corpos-de-prova foram submetidos à cura em câmara úmida, cuja umidade do ambiente foi garantida por um sistema de aspersão de água. A câmara úmida não dispunha de dispositivo que permitisse o controle de umidade relativa seu interior.

Para o ensaio de resistência à compressão os corpos-de-prova foram capeados com enxofre. Os exemplares foram ensaiados nas idades de 3, 7 e 28 dias obedecendo ao plano de rompimento de 2/3; 2/7; 2/28 (CPs/idade). Para a determinação das expressões analíticas das leis de Abrams, Lyse, Molinary e do 4° Quadrante, utilizou-se o maior valor obtido no ensaio realizado no par de corpos-de-prova na idade de 28 dias. Os procedimentos dos ensaios foram os recomendados pelas normas NBR 5738/94 e NBR 5739/94.

### ESTIMATIVA DO CONSUMO DE CIMENTO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO

A estimativa do consumo de cimento por metro cúbico de concreto, foi feita experimentalmente por meio da equação (39).

$$C = \frac{\gamma_{cf}}{1 + m + a/c} \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \quad \text{Eq. (41)}$$

Onde:

C = Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{cf}$  = Massa específica da mistura da condição fresca (kg/m<sup>3</sup>)

m = Teor de agregado total da mistura (kg)

a/c = Relação água/cimento (kg/kg)

#### **3.4.2.3 – Diagrama de dosagem – fase preliminar**

Conhecidos os parâmetros: relação água/cimento (a/c), resistência à compressão ( $f_c$ ), teor de agregado total (m) e consumo de cimento/m<sup>3</sup> de concreto (C) dos traços piloto e auxiliares, pode-se definir a configuração gráfica do diagrama de dosagem proposto pelo método IPT/EPUSP.

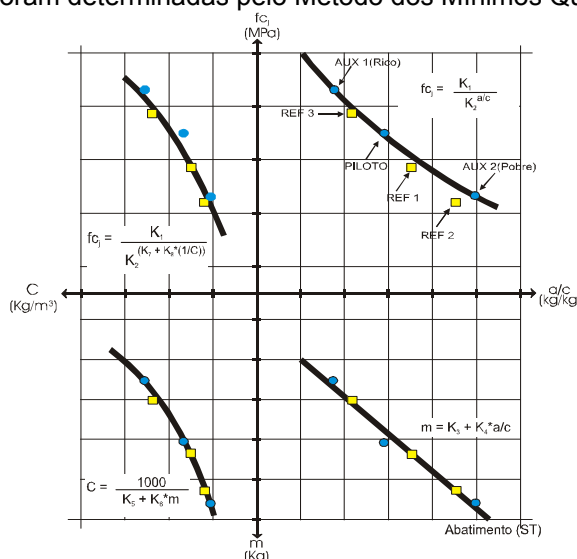
O diagrama de dosagem é a representação gráfica do modelo de comportamento do concreto, permitindo definir famílias que possuem o mesmo teor de argamassa ( $\alpha$ ) para uma dada consistência. Desta forma, definida a configuração do diagrama de dosagem, é possível determinar graficamente ou por meio de modelos matemáticos, traços com reais possibilidades de possuírem características ajustadas, segundo a família de concreto que os originaram.

Partindo desse princípio e conhecendo a configuração gráfica do diagrama de dosagem gerados pelos traços piloto e auxiliares, determinaram-se três novos traços identificados como Traços de Referência (Ref<sub>1</sub>, Ref<sub>2</sub> e Ref<sub>3</sub>). Estes traços foram confeccionados tomando como estimativas iniciais os valores para as relações água/cimento (a/c) mostrados na tabela 3.9.

**TABELA 3.9 – Relação água/cimento utilizados nos traços de referência**

TRAÇO DE REFERÊNCIA	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO
Ref <sub>1</sub>	a/c <sub>1</sub> = 0,65 ± 0,03
Ref <sub>2</sub>	a/c <sub>2</sub> = 0,75 ± 0,03
Ref <sub>3</sub>	a/c <sub>3</sub> = 0,55 ± 0,03

A figura 3.8 mostra a representação gráfica estilizada do diagrama de dosagem mostrando os pontos que geraram as curvas de Abrams, Lyse e Molinari e os pontos determinados para os traços de referência Ref<sub>1</sub>, Ref<sub>2</sub> e Ref<sub>3</sub>. As expressões analíticas para as leis de Abrams, Lyse, Molinary e 4° Quadrante foram determinadas pelo Método dos Mínimos Quadrados.

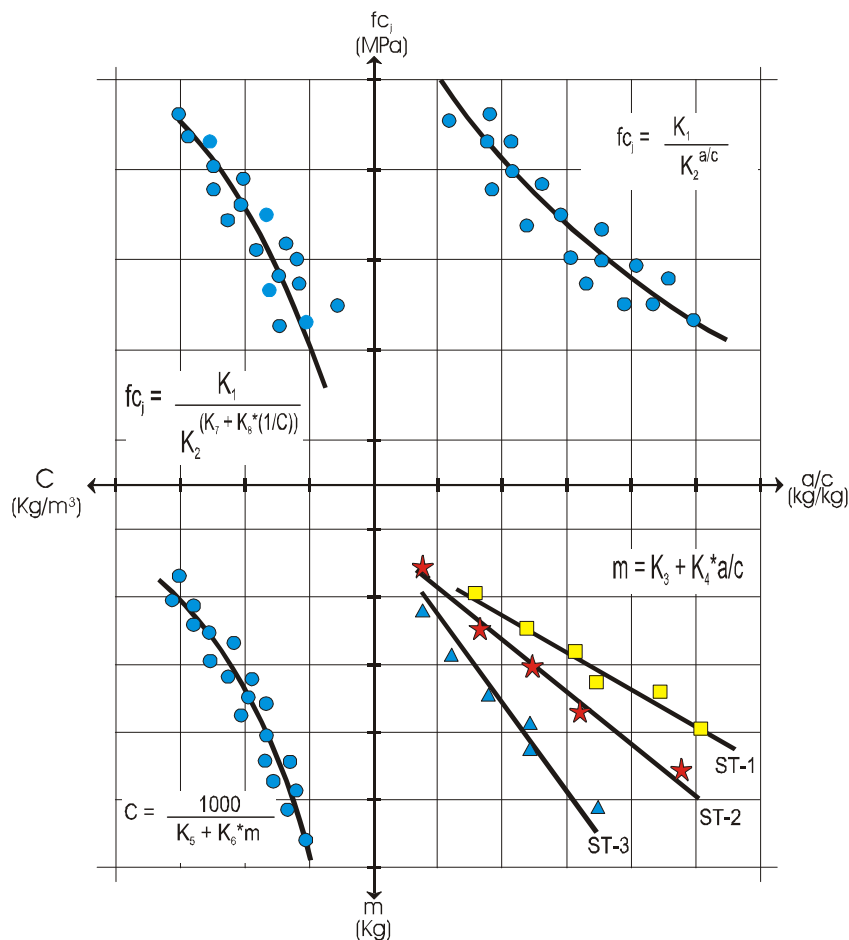


**FIGURA 3.8 – Diagrama de dosagem IPT/EPUSP – Traços piloto, auxiliares e traços de referência (Ref<sub>1</sub>, Ref<sub>2</sub>, Ref<sub>3</sub>).**

### 3.4.2.4 – Ábacos de Dosagem

O ábaco de dosagem passou a ser uma alternativa a partir do instante que se observou nos dados e nas expressões analíticas dos diagramas de dosagem, que as curvas do 1º quadrante (Abrams), 3º quadrante (Molinary) e 4º quadrante apontavam para uma faixa próxima de resultados independentemente do abatimento adotado.

Partindo desta referência de comportamento, foi adotado o ábaco de dosagem. Estes ábacos representam concretos cujas características comuns reside no fato de que são misturas produzidas com um mesmo tipo de material (cimento, areia e brita) mas que atendem à faixas diferentes de abatimentos. A figura 3.9 apresenta a configuração gráfica típica do ábaco de dosagem do concreto.



**FIGURA 3.9** – Configuração gráfica típica do ábaco de dosagem de concretos confeccionados com dados materiais e atendem aos abatimentos ST<sub>1</sub>, ST<sub>2</sub>, ST<sub>3</sub>.

Desta forma, os concretos confeccionados com areia média, brita 1 e abatimento ST<sub>1</sub>, ST<sub>2</sub> e ST<sub>3</sub> representados em diagramas de dosagem independentes, passam a ser mostrados no gráfico de dosagem, com uma configuração gráfica e expressões analíticas únicas, no que se refere às leis de Abrams, Molinary e 4º quadrante. A tabela 3.10 relaciona as identificações das famílias de concreto para os ábacos de dosagem.

A representação gráfica e analítica de curvas de dosagem únicas nos ábacos, para o 1º, 3º e 4º quadrante, em substituição às curvas geradas nos diagramas de dosagens, será justificado por meio de ferramental estatístico utilizando as técnicas da:

- a) A comparação de modelos de função linear (distribuição F);
- b) Definição dos intervalos de confiança dos modelos.

Para a aplicação da técnica estatística de comparação de modelos foi necessária a linearização dos modelos de comportamento.

As expressões transformadas estão mostradas na tabela 3.11.

**TABELA 3.10** – Identificação das famílias de concreto que constituem os ábacos de dosagem

IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO		CARACTERÍSTICA DOS AGREGADOS		OBSERVAÇÕES
		AREIA LAVADA	PEDRA BRITADA	
<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b> Abatimentos especificados (30±10; 60±10; 100±20mm)	AM – 1	MÉDIA	BRITA 1	- Gerados pelas famílias (1-2-3) da tab. 3.6
	AM – 2	MÉDIA	BRITA 2	- Gerados pelas famílias (4-5-6) da tab. 3.6
	AM – 3	MÉDIA	BRITA (1+2)	- Gerados pelas famílias (7-8-9) da tab. 3.6
	AF – 1	FINA	BRITA 1	- Gerados pelas famílias (10-11-12) da tab. 3.6
	AF – 2	FINA	BRITA 2	- Gerados pelas famílias (13-14-15) da tab. 3.6
	AF – 3	FINA	BRITA (1+2)	- Gerados pelas famílias (16-17-18) da tab. 3.6
<b>CONCRETO ADITIVADO</b> Abatimentos especificados (30±10; 60±10mm)	AM-1AD	MÉDIA	BRITA 1	- Gerados pelas famílias (1-AD e 2-AD da tab. 3.6)
	AM-2AD	MÉDIA	BRITA 2	- Gerados pelas famílias (3-AD e 4-AD da tab. 3.6)
	AM-3AD	MÉDIA	BRITA (1+2)	- Gerados pelas famílias (5-AD e 6-AD da tab. 3.6)
	AF-4AD	FINA	BRITA 1	- Gerados pelas famílias (7-AD e 8-AD da tab. 3.6)
	AF-5AD	FINA	BRITA 2	- Gerados pelas famílias (9-AD e 10-AD da tab. 3.6)
	AF-6AD	FINA	BRITA (1+2)	- Gerados pelas famílias (11-AD e 12-AD da tab. 3.6)

**TABELA 3.11** – Expressões dos modelos transformados utilizados na comparação de funções lineares.

QUADRANTE	MODELOS DE COMPORTAMENTO	
	ORIGINAL	TRANSFORMADA LINEAR
1° QUADRANTE (Lei de Abrams)	$f_{c_j} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$	$\text{Log } f_{c_j} = \text{Log } K_1 - K_2^*(a/c)$
3° QUADRANTE (Lei de Molinary)	$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \cdot m}$	$\frac{1}{C} = \frac{k_3}{1000} + \frac{k_4}{1000} \cdot m$
4° QUADRANTE	$f_{c_j} = \frac{k_1}{k_2^{(k_7+k_8 \cdot (1/C))}}$	$\text{Log } f_{c_j} = K_9 - K_{10}^*(1/C)$

**OBSERVAÇÕES:**

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9$  e  $k_{10}$  = constantes que dependem dos materiais que constituem a mistura.



### 3.4.3 – Concretos aditivados – Procedimentos experimentais de dosagem

A utilização de concretos confeccionados com aditivo plastificante nos canteiros de obras da região ainda não é uma realidade, especialmente no que se refere aos concretos produzidos em canteiro. Tomando como referência este fato, foram desenvolvidos estudos com concretos confeccionados com e sem aditivo plastificante (Tipo “P”) com a finalidade de comparar os comportamentos das famílias de concreto especialmente no que se refere ao consumo de cimento por metro cúbico de concreto.

#### 3.4.3.1 – Critérios adotados para a escolha do aditivo plastificante tipo “P”

O aditivo plastificante adotado para a pesquisa foi o fabricado pela indústria OTTO BAUMGART S.A identificado comercialmente pela marca CEMIX. Para a escolha deste aditivo foram adotados os seguintes critérios:

- a) Avaliação qualitativa do desempenho do aditivo no que se refere ao seu efeito plastificante, usando para tal o ensaio de espalhamento na mesa “flow table”;
- b) Avaliação do comportamento mecânico do aditivo quando utilizado em argamassa simples de cimento e areia. A comparação entre os resultados de resistência à compressão obtidos, para argamassas confeccionadas com e sem aditivo (traço de referência), forneceram subsídios para atestar a eficiência do aditivo, no aspecto mecânico. Os ensaios foram realizados em corpos-de-prova cilíndricos com dimensões básicas ( $\phi 5,0 \times 10,0 \text{cm}$ );
- c) Maior disponibilidade no mercado de cidade de Maringá;
- d) Disponibilidade em pequenas quantidades (baldes de 50 kg);
- e) Apresentar o menor custo por litro.

A tabela 3.12 apresenta os valores obtidos nos ensaios de espalhamento “flow table” e resistência à compressão realizados com argamassas confeccionadas com e sem aditivos. Os teores de aditivo foram os recomendados pelos fabricantes e dosados em massa de líquido.

#### 3.4.3.2 – Definição do diagrama de dosagem para os concretos confeccionados com aditivo plastificante do tipo “P”.

Tomando como base os traços piloto e auxiliares (pobre e rico) determinados para as famílias de concretos convencionais listadas na tabela 3.6 e que atendem à faixa de abatimento de  $30 \pm 10 \text{mm}$  e  $60 \pm 10 \text{mm}$ , foram confeccionados traços com aditivo plastificante do tipo “P”.

Para estes traços aditivados, quando comparados com os traços sem aditivos (Piloto e auxiliares), foram mantidos constante na misturas a consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, o teor de argamassa ( $\alpha$ ) e as relações água/cimento ( $a/c$ ).

A comparação dos comportamentos para as diversas famílias de concreto pode ser

---

observada quando da sobreposição dos diagramas de dosagem dos concretos com e sem aditivo obtidos experimentalmente.

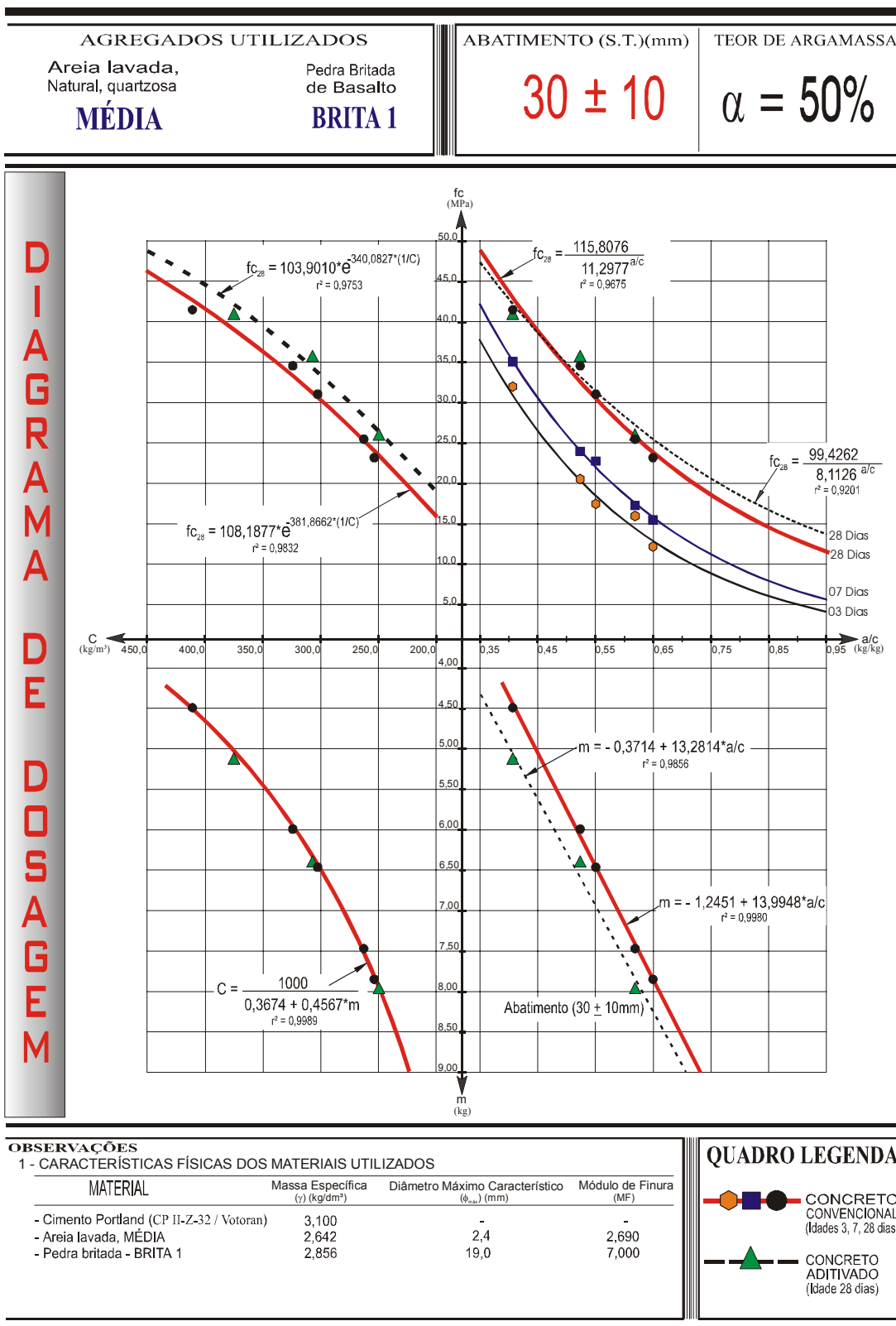
A figura 3.10 mostra o caso da família 1-AD, constituída de concretos confeccionados com areia média, brita 1 e abatimento 30±10mm. As comparações entre as outras famílias de concretos estão apresentadas no anexo 2.

**TABELA 3.12 – Ensaio Comparativos de Aditivos Plastificantes do tipo “P”**

MARCA DO ADITIVO	Fabricante	Identificação do Traço	TRAÇO (g)				Flow Table (cm)	RESISTÊNCIA (MPa)			
			Cimento	Areia Fina	Água	Aditivo		7 Dias		28 Dias	
								Indiv.	Média	Indiv.	Média
-	-	<b>TRAÇO DE REFERÊNCIA</b>	<b>750</b>	<b>1.927</b>	<b>330</b>	<b>-</b>	<b>22,7</b>				
							22,7			27,8	
							23,7	23,5	34,5	32,6	
							24,1		35,5		
CEMIX	Otto	01	750	1.927	330	2,25	26,6				
							25,0			30,1	
							27,9	26,9	30,5	33,5	
							28,0		40,0		
BV-40	Sika	02	750	1.927	330	2,25	25,9				
							20,5			23,2	
							23,5	23,4	30,9	28,5	
							26,2		31,3		
MASTER MIX 811-N	NBT	03	750	1.927	330	2,25	25,5				
							21,7			25,3	
							26,0	25,3	28,0	29,4	
							28,1		35,0		
RX 322 N-SP	REAX	04	750	1.927	330	2,25	25,9				
							23,3			24,1	
							25,6	25,5	24,8	28,4	
							27,5		36,4		

**OBSERVAÇÃO**

- 1- Para a dosagem do aditivo foi considerada a massa de líquido do aditivo;
- 2- O valor do “Flow Table” é a média de 3 (três) medidas do espalhamento;
- 3- Não foi levado em consideração o limite de variação imposto pela norma NBR-7215, no que se refere aos valores individuais de resistências, para o cálculo do valor MÉDIO da resistência à compressão.



**FIGURA 3.10** – Avaliação comparativa entre os comportamentos das famílias de concretos convencionais e aditivados. (família 1 e família 1-AD).

## 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 – Considerações preliminares

O objetivo principal desta pesquisa é fornecer os parâmetros iniciais para a definição de um traço de concreto (relação água/cimento, relação água/mistura seca (H), teor de agregado total (m) e consumo de cimento por metro cúbico de concreto (C)) por meio de dispositivo gráfico e matemático (ábacos de dosagem) a serem utilizados concretos convencionais e aditivados (aditivo plastificante do tipo “P”).

Neste sentido são apresentados os resultados deste estudo, utilizando para tal de tabelas e figuras, resultantes de informações obtidas experimentalmente nos ensaios realizados nos Laboratórios de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá no período de Maio/2001 a Fevereiro de 2002.

De forma sucinta pode-se dizer que os resultados experimentais estão apresentados seguindo a seguinte estruturação:

#### 1º- Definição dos diagramas de dosagens para as diversas famílias de concretos estudadas

Os resultados dos experimentos conduziram à criação de diagramas de dosagem para as diferentes famílias de concretos conforme relacionadas na tabela 3.6. Os diagramas obtidos pelo Método de Dosagem IPT/EPUSP foram definidos utilizando-se 05(cinco) ou 06(seis) misturas experimentais, cujos pontos permitiram, utilizando-se do método dos mínimos quadrados, determinar as expressões matemáticas que regem as leis de comportamento (Abrams, Lyse, Molinary e 4º Quadrante) para os materiais estudados.

#### 2º- Definição dos Ábacos de Dosagem dos concretos

Conhecidos os diagramas de dosagem para as diversas famílias de concreto e, utilizando-se um ferramental estatístico (Regressões, comparação de funções lineares e intervalos de confiança), foram confeccionados os ábacos de dosagens (curvas únicas representativos das três faixas de abatimentos adotadas para o estudo) para as diversas famílias de concretos avaliadas.

Para o caso dos concretos aditivados (aditivo plastificante) não foram definidos os intervalos de confiança para as curvas, uma vez que se dispunha de poucos dados experimentais. Foram definidas somente as expressões analíticas das curvas de comportamento para estes tipos de concretos.

#### 3º- Determinação de traços obtidos por meio do ábaco de dosagem

Uma vez determinada a configuração gráfica e analítica dos ábacos de dosagem para as diversas famílias de concreto, foi feita a determinação do traço (1 : m : a/c) para uma dada resistência de dosagem ( $f_{c,j}$ ) e desvio de produção ( $S_d$ ) adotados aleatoriamente para dados materiais e abatimento especificado na faixa de atuação do referido ábaco de dosagem.

---

---

## 4.2 - Diagrama de dosagem das famílias de concreto

Esta fase eminentemente experimental da pesquisa, foi a que serviu de base para a obtenção dos dados experimentais relacionados nas tabelas 4.1 a 4.12 que subsidiaram a elaboração dos diagramas de dosagem (figuras A2-1 a A2-18 do anexo n° 2) e posteriormente, a criação dos ábacos de dosagem para os tipos de concretos estudados.

### 4.2.1 - Concretos convencionais

Nesta etapa, conforme descrito no item 3.4.2, foram confeccionados 06(seis) misturas experimentais (Aux<sub>1</sub>, piloto, Aux<sub>2</sub>, Ref<sub>1</sub>, Ref<sub>2</sub> e Ref<sub>3</sub>) para o caso dos concretos convencionais e 03 (três) misturas para o caso dos concretos confeccionados com aditivo plastificante do tipo "P". Para o traçado do Diagrama de Dosagem.

Para o traçado das curvas relativas à lei de Abrams e do 4° Quadrante, foi utilizado o maior valor da resistência à compressão obtido no par de corpos-de-prova ensaiados nas idades de 3, 7 e 28 dias.

As tabelas 4.1 a 4.6 apresentam os parâmetros que auxiliaram na definição dos diagramas de dosagens e as expressões matemáticas, obtidas pelo método dos mínimos quadrados, para as leis de comportamento das famílias de concreto relacionados na tabela 3.6.

Outros dados experimentais obtidos para estes concretos, são apresentados nos anexo n° 1 (Figuras A1-1 a A1-9), enquanto os diagramas de dosagem são apresentados no anexo n° 2 (Figuras A2-1 a A2-18).

### 4.2.2 – Concretos aditivados

Para este tipo de concreto foram utilizadas apenas 3 (três) misturas experimentais, tomando-se o cuidado para que se mantivessem constantes o teor de argamassa ( $\alpha$ ) e a relação água/cimento ( $a/c$ ) dos traços aditivados, quando comparados com os valores obtidos para os concretos sem aditivo (piloto, aux 1 e aux 2), confeccionados com 5 (cinco) ou 6 (seis) misturas.

As tabelas 4.7 a 4.12 apresentam os valores obtidos experimentalmente para estes concretos. Outros parâmetros experimentais e os diagramas de dosagem podem ser observados nos anexo n° 1 (Tabelas A1-10 a A1-15) enquanto que os diagramas de dosagem podem ser observados nas figuras do anexo n° 2 (Figuras A2-1, A2-2, A2-4, A2-5, A2-7, A2-8, A2-10, A2-11, A2-13, A2-14, A2-16 e figura A2-17).

**TABELA 4.1 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 – Famílias (1 – 2 – 3)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	f <sub>c28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,619	25,5	7,474	262,7	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{115,8076}{11,2977^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9675
02	0,524	34,6	5,994	324,2			
03	0,407	41,5	4,494	410,9	LYSE	$m = -1,2451 + 13,9948*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9980
04	0,650	23,2	7,850	253,4			
05	0,551	31,1	6,462	302,6	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3674 + 0,4567*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9989
					4° Quadrante	$f_{c28} = 108,1877EXP(-381,8662(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9832
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
01	0,658	22,4	7,474	264,2	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{151,4254}{16,9057^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9588
02	0,548	35,7	5,994	321,5			
03	0,429	42,0	4,494	411,4	LYSE	$m = -0,6640 + 12,1780*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9957
04	0,650	22,9	7,334	269,9			
05	0,773	17,2	8,616	231,1	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,36035 + 0,4585*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9996
06	0,550	33,8	6,042	320,2	4° Quadrante	$f_{c28} = 155,6537EXP(-506,1864(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9625
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 52,0%</b>		
01	0,728	19,4	7,472	259,7	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{104,5436}{9,9600^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9400
02	0,562	31,0	5,994	316,0			
03	0,454	37,2	4,508	406,7	LYSE	$m = -0,0541 + 10,4946*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9856
04	0,651	21,1	6,867	283,3			
05	0,749	19,9	7,757	252,6	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3563 + 0,4650*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9987
06	0,549	28,6	5,834	328,5	4° Quadrante	$f_{c28} = 119,2485EXP(-463,7575(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9252

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-1, A1-2 e A1-3 do anexo nº 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-1, A2-2 e A2-3 do anexo nº 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (f<sub>c28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.2 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 2 – Famílias (4 – 5 – 6)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 48,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	f <sub>c28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,667	23,5	7,505	265,2	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{103,4082}{9,2457^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9523
02	0,541	32,4	6,015	322,5	LYSE	$m = -0,8270 + 12,7595*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9615
03	0,431	40,3	4,497	413,3			
04	0,649	24,9	7,457	263,0	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3585 + 0,4572*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9984
05	0,548	28,2	6,577	297,7	4° Quadrante	$f_{c28} = 101,8586EXP(-378,9662(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9799
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 49,0%</b>		
01	0,696	21,8	7,552	261,8	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{103,6186}{10,1099^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9183
02	0,571	28,4	6,000	318,7	LYSE	$m = -0,4184 + 11,4492*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9951
03	0,425	40,9	4,506	410,9			
04	0,651	22,7	7,130	276,8	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,4225 + 0,4499*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9989
05	0,551	25,7	5,854	325,1	4° Quadrante	$f_{c28} = 114,8390EXP(-448,3487(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9208
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
01	0,750	17,5	7,500	257,0	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{102,5850}{11,2868^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,8856
02	0,594	28,2	5,993	316,5	LYSE	$m = -0,5904 + 11,2727*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9602
03	0,468	31,8	4,489	405,1			
04	0,652	18,2	6,994	279,9	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3628 + 0,4653*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9980
05	0,753	16,2	8,084	242,9	4° Quadrante	$f_{c28} = 105,8086EXP(-459,6834(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9097
06	0,550	27,3	5,862	327,2			

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-4, A1-5 e A1-6 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-4, A2-5 e A2-6 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (f<sub>c28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.3 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 + BRITA 2 - Famílias (7 – 8 – 9) - (50% de cada uma das britas)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	f <sub>c28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,636	26,0	7,475	264,8	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{114,7769}{11,3296^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9742
02	0,506	32,3	5,993	323,4	LYSE	$m = -0,3444 + 12,3609*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9984
03	0,395	45,1	4,495	416,0			
04	0,650	23,0	7,696	256,3	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3114 + 0,4653*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9993
05	0,551	29,7	6,463	300,3	4° Quadrante	$f_{c28} = 123,1790EXP(-424,1068(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9857
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
01	0,700	21,9	7,499	261,0	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{117,3382}{12,5159^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9650
02	0,510	32,6	5,992	323,2	LYSE	$m = 0,1131 + 10,8467*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9597
03	0,436	38,0	4,489	411,3			
04	0,652	21,2	7,421	267,3	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3215 + 0,4665*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9981
05	0,750	16,8	8,151	240,7	4° Quadrante	$f_{c28} = 134,2880EXP(-484,1331(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9468
06	0,550	30,4	6,153	312,5			
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 52,0%</b>		
01	0,719	19,1	7,473	258,6	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{105,6340}{9,9145^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9332
02	0,566	28,2	5,994	319,2	LYSE	$m = 0,0928 + 10,1522*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9885
03	0,449	37,8	4,508	405,1			
04	0,650	21,7	6,776	284,2	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3179 + 0,4728*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9993
05	0,779	19,3	7,831	248,6	4° Quadrante	$f_{c28} = 127,4318EXP(-482,2986(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9622
06	0,551	32,5	5,680	334,5			

#### OBSERVAÇÕES

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-7, A1-8 e A1-9 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-7, A2-8 e A2-9 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (f<sub>c28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.



**TABELA 4.4 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 – Famílias (10 – 11 – 12)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,676	22,1	7,504	257,6	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{117,9564}{13,7421^{a/c}}$	r²= 0,9267
02	0,526	28,2	5,987	319,6	LYSE	$m = -0,7645 + 12,4576*(a/c)$	r²= 0,9856
03	0,432	40,3	4,502	406,6	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3697 + 0,4618*m}$	r²= 0,9969
04	0,650	20,1	7,437	265,5			
05	0,549	27,0	6,040	318,0	4° Quadrante	$f_{c28} = 119,2261 \text{EXP}(-456,4491(1/C))$	r²= 0,9470
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
01	0,720	23,6	7,464	258,8	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{123,0903}{10,8029^{a/c}}$	r²= 0,9416
02	0,563	33,9	6,000	319,1	LYSE	$m = 0,3881 + 9,6657*(a/c)$	r²= 0,9826
03	0,445	44,2	4,505	405,5	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2898 + 0,4782*m}$	r²= 0,9991
04	0,651	22,9	6,787	283,1			
05	0,796	19,0	7,870	245,9			
06	0,551	32,0	5,717	332,0	4° Quadrante	$f_{c28} = 154,3992 \text{EXP}(-509,4370(1/C))$	r²= 0,9390
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
01	0,856	15,5	7,492	251,7	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{124,1893}{11,3430^{a/c}}$	r²= 0,9831
02	0,679	23,5	6,013	307,5	LYSE	$m = 0,7262 + 7,9792*(a/c)$	r²= 0,9832
03	0,480	36,6	4,490	400,2	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3074 + 0,4860*m}$	r²= 0,9976
04	0,652	26,0	5,837	317,4			
05	0,749	19,8	6,909	275,9			
06	0,552	34,9	5,278	350,7	4° Quadrante	$f_{c28} = 181,3102 \text{EXP}(-615,3443(1/C))$	r²= 0,9677

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas FIGURAS A1-1, A1-2 e A1-3 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-10, A2-11 e A2-12 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.5 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 2 – Famílias (13 – 14 – 15)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,750	21,8	7,500	257,0	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{94,5467}{8,3291^{a/c}}$	r²= 0,9284
02	0,561	30,0	5,993	319,4	LYSE	m = 0,5384 + 9,1763*(a/c)	r²= 0,9682
03	0,459	36,3	4,489	405,7			
04	0,652	22,5	6,612	287,6	MOLINARY	C = $\frac{1000}{0,2674 + 0,4854*m}$	r²= 0,9975
05	0,791	16,4	7,580	251,1			
06	0,550	28,0	5,587	334,7	4° Quadrante	$f_{c28} = 114,9543 \text{EXP}(-458,9770(1/C))$	r²= 0,8940
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 52,0%</b>		
01	0,795	18,6	7,518	253,9	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{118,2698}{11,3271^{a/c}}$	r²= 0,9552
02	0,587	30,19	6,000	314,9	LYSE	m = 0,3084 + 9,1765*(a/c)	r²= 0,9794
03	0,471	38,1	4,512	403,3			
04	0,650	24,1	6,287	298,0	MOLINARY	C = $\frac{1000}{0,2935 + 0,4828*m}$	r²= 0,9987
05	0,751	17,4	7,205	266,7			
06	0,567	28,7	5,392	346,7	4° Quadrante	$f_{c28} = 142,4588 \text{EXP}(-530,5972(1/C))$	r²= 0,9159
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 53,0%</b>		
01	0,856	17,0	7,512	251,2	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{106,0910}{9,2572^{a/c}}$	r²= 0,9562
02	0,639	25,4	6,000	311,2	LYSE	m = 0,5439 + 8,2581*(a/c)	r²= 0,9904
03	0,487	38,4	4,508	398,5			
04	0,649	23,6	5,909	312,9	MOLINARY	C = $\frac{1000}{0,3235 + 0,4845*m}$	r²= 0,9991
05	0,749	19,0	6,789	278,4			
06	0,564	29,2	5,115	355,9	4° Quadrante	$f_{c28} = 146,6019 \text{EXP}(-555,2738(1/C))$	r²= 0,9630

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-4, A1-5 e A1-6 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-13, A2-14 e A2-15 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.6 - CONCRETO CONVENCIONAL: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1+ BRITA 2 (50% de cada uma das britas) - Famílias (16 – 17 – 18)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 49,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	f <sub>c28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,696	21,1	7,522	257,9	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{134,9901}{14,2451^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9735
02	0,548	29,2	6,001	319,6	LYSE	$m = -0,1992 + 11,1512*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9978
03	0,426	44,7	4,505	410,9			
04	0,649	25,1	7,041	277,0	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2893 + 0,4743*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9992
05	0,552	31,6	5,950	321,6			
					4° Quadrante	$f_{c28} = 149,8627EXP(-504,2912(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9844
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
01	0,729	21,0	7,475	259,6	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{122,8089}{11,5416^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9910
02	0,574	29,8	5,993	317,3	LYSE	$m = -0,1451 + 10,5625*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9954
03	0,446	42,8	4,495	406,2			
04	0,650	24,7	6,846	284,0	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3593 + 0,4728*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9993
05	0,753	19,7	7,772	250,8			
06	0,548	30,9	5,630	336,2	4° Quadrante	$f_{c28} = 141,6258EXP(-579,1545(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9930
ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>100 ± 20mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
01	0,793	19,9	7,499	255,8	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{118,2086}{10,2908^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9640
02	0,605	30,0	5,992	317,6	LYSE	$m = -0,0350 + 9,6450*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9816
03	0,492	37,4	4,489	405,5			
04	0,649	25,6	6,331	300,1	MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3062 + 0,4784*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9993
05	0,750	18,9	7,168	267,9			
06	0,551	32,7	5,348	348,9	4° Quadrante	$f_{c28} = 132,9920EXP(-496,4768(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9489

#### OBSERVAÇÕES

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-7, A1-8 e A1-9 do abexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-16, A2-17 e A2-18 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (f<sub>c28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.7 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (1-AD ; 2-AD)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,619	26,1	7,958	249,5	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{99,4262}{8,1126^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9201
02	0,524	35,8	6,392	307,1			
03	0,407	41,0	5,122	375,2	LYSE	$m = -0,3714 + 13,2814*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9856
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2351 + 0,4737*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9999
					4° Quadrante	$f_{c28} = 103,9010EXP(-340,0827(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9753

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,659	23,2	7,838	250,3	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{138,1887}{15,4731^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9881
02	0,548	29,6	7,000	281,6			
03	0,429	43,5	4,808	389,8	LYSE	$m = -0,6698 + 13,2368*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9469
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3098 + 0,4674*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9986
					4° Quadrante	$f_{c28} = 132,2485EXP(-463,7575(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9252

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-10 e A1-11 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-1 e A2-2 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.8 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (3-AD ; 4-AD)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 48,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,667	23,1	8,971	225,7	ABRAMS	$fc_{28} = \frac{106,2554}{10,1272^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9848
02	0,541	29,2	7,316	275,1			
03	0,431	40,0	5,615	345,0	LYSE	$m = -0,4541 + 14,1942*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9977
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3226 + 0,4564*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9886
					4° Quadrante	$fc_{28} = 110,7881EXP(-357,5077(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9886

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 49,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,696	20,1	8,250	240,8	ABRAMS	$fc_{28} = \frac{100,9618}{10,0376^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9183
02	0,571	27,5	7,500	268,7			
03	0,425	37,6	4,662	399,4	LYSE	$m = -0,7604 + 13,4120*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9239
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3894 + 0,4512*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9969
					4° Quadrante	$fc_{28} = 93,2189EXP(-352,9456(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9291

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-12 e A1-13 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-4 e A2-5 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.9 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada MÉDIA e BRITA 1 + BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (5-AD ; 6-AD) (50% de cada uma das britas)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,636	19,8	8,800	224,3	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{150,3421}{25,4041^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9792
02	0,506	27,4	7,092	277,9			
03	0,395	43,4	4,837	391,0	LYSE	$m = - 1,4672 + 16,3505*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9844
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2305 + 0,4787*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9981
					4° Quadrante	$f_{c28} = 123,9526EXP(-413,8779(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9980

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,701	21,1	8,564	231,6	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{92,5016}{8,3384^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9909
02	0,510	30,4	6,772	289,2			
03	0,435	37,6	5,275	361,4	LYSE	$m = 0,4075 + 11,7792*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9624
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2730 + 0,4718*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9998
					4° Quadrante	$f_{c28} = 107,7833EXP(-374,6364(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9921

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-14 e A1-15 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-7 e A2-8 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.10 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (7-AD ; 8-AD)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 52,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,680	26,9	7,504	260,1	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{85,0186}{5,4459^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9996
02	0,526	34,7	5,987	319,6			
03	0,432	41,0	4,502	392,2	LYSE	$m = -0,4907 + 11,8834*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9825
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,5864 + 0,4315*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9970
					4° Quadrante	$f_{c28} = 95,0427EXP(-326,6240(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9965

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,720	20,9	7,712	253,3	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{133,0117}{12,9049^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9972
02	0,563	32,2	6,135	311,9			
03	0,445	42,1	4,505	407,6	LYSE	$m = -0,5499 + 11,5751*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9916
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3519 + 0,4660*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9999
					4° Quadrante	$f_{c28} = 136,5906EXP(-468,3043(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9808

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-10 e A1-11 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-10 e A2-11 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

**TABELA 4.11 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (9-AD ; 10-AD)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 51,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,750	20,2	8,492	229,7	ABRAMS	$fc_{28} = \frac{78,4280}{5,9313^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9606
02	0,561	30,7	6,809	286,9			
03	0,459	33,3	5,222	358,5	LYSE	$m = 0,3841 + 10,9432*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9764
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2681 + 0,4787*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9978
					4° Quadrante	$fc_{28} = 87,1313EXP(-326,1763(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9080

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 52,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,795	18,2	8,270	237,4	ABRAMS	$fc_{28} = \frac{93,9972}{8,0963^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9790
02	0,589	25,9	6,737	287,7			
03	0,471	36,4	5,081	369,2	LYSE	$m = 0,7768 + 9,5728*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9687
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3089 + 0,4714*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9998
					4° Quadrante	$fc_{28} = 127,3712EXP(-460,8272(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9995

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-12 e A1-13 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-13 e A2-14 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.



**TABELA 4.12 - CONCRETO ADITIVADO: Concretos confeccionados com areia lavada FINA e BRITA 1 + BRITA 2 – Aditivado com PLASTIFICANTE do tipo “P” - Famílias (5-AD ; 6-AD) (50% de cada uma das britas)**

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>30 ± 10mm</b>					<b>α = 49,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,696	17,7	8,320	236,1	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{145,2576}{22,2694^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9415
02	0,548	23,5	6,875	282,2			
03	0,425	41,5	5,191	362,9	LYSE	$m = 0,4051 + 11,4864*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9905
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,2985 + 0,4728*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9999
					4° Quadrante	$f_{c28} = 197,5157EXP(-579,1545(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9766

ABATIMENTO (SLUMP TEST) (ST)					TEOR DE ARGAMASSA		
<b>60 ± 10mm</b>					<b>α = 50,0%</b>		
MISTURA N°	a/c (kg/kg)	fc <sub>28</sub> (MPa)	m (kg)	C (kg/m³)	EXPRESSÕES MATEMÁTICAS (Método dos Mínimos Quadrados)		
01	0,729	20,3	8,320	238,0	ABRAMS	$f_{c28} = \frac{118,8102}{11,6020^{a/c}}$	r <sup>2</sup> = 0,9879
02	0,573	27,9	6,768	290,0			
03	0,445	40,9	4,859	382,8	LYSE	$m = - 0,4008 + 12,1061*(a/c)$	r <sup>2</sup> = 0,9865
					MOLINARY	$C = \frac{1000}{0,3728 + 0,4584*m}$	r <sup>2</sup> = 0,9991
					4° Quadrante	$f_{c28} = 128,8798EXP(-441,0578(1/C))$	r <sup>2</sup> = 0,9994

**OBSERVAÇÕES**

- 1- Outras informações podem ser obtidas nas TABELAS A1-14 e A1-15 do anexo n° 01.
- 2- Os diagramas de dosagem para estas famílias de concreto são os apresentados nas FIGURAS A2-16 e A2-17 do anexo n° 02
- 3- Os valores de resistência à compressão apresentados acima, são referentes à idade de 28 dias (fc<sub>28</sub>), considerando-se o maior valor do par de corpos-de-prova que constitui os exemplares.

### 4.3 – Ábacos de Dosagem do Concreto

#### 4.3.1 – Avaliações estatísticas dos modelos.

Observando-se as configurações gráficas e analíticas das diversas famílias de concreto, nota-se que os pontos relacionados ao 1° quadrante (Lei de Abrams), 3° quadrante (Molinary) e o 4° quadrante, apresentam modelos cujos pontos experimentais mostram uma tendência de comportamentos similares nas diversas famílias de concreto, independentemente do abatimento especificado.

Neste sentido, utilizando-se dos estudos de regressão para as diversas famílias de concreto, foram feitas avaliações estatísticas com a finalidade de verificar a influência do parâmetro “abatimento”, na função das retas transformadas que relacionam relação água/cimento x resistência ( $a/c \times f_{c28}$ ), consumo x teor de agregado total ( $C \times m$ ) e consumo x resistência ( $C \times f_{c28}$ ).

Para tanto, foram utilizadas as expressões das funções linearizadas mostradas na tabela 3.11, tendo como parâmetros estatísticos de comparação os testes da distribuição de F com nível de significância de 5%. As funções (A, B, C) são as identificadas no diagrama de dosagem para os abatimentos ( $ST = 30 \pm 10$ ,  $ST = 60 \pm 10$  e  $ST = 100 \pm 20$ )mm enquanto que as funções Z foram obtidas a partir de todos os pontos, ou seja, desconsiderando-se o abatimento adotado. Os valores obtidos entre as comparações lineares das funções A e as funções Z são mostrados na tabela 4.13. Outros parâmetros relacionados às comparações de funções, podem ser vistos nas tabelas A6–1 a A6–12 do anexo n° 6.

**TABELA 4.13** – Comparação entre as funções lineares das curvas do diagrama de dosagem e as curvas do ábaco de dosagem utilizando a distribuição F, com nível de significância de 5% e grau de liberdade  $\alpha$  e  $\beta$ .

IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO		1° QUADRANTE (Abrams)		3° QUADRANTE (Molinary)		4° QUADRANTE	
ÁBACO DE DOSAGEM (Funções Z)	DIAGRAMA DE DOSAGEM (Funções A, B, C)	$F_{(\alpha, \beta)}$	$F_{calc}$	$F_{(\alpha, \beta)}$	$F_{calc}$	$F_{(\alpha, \beta)}$	$F_{calc}$
AM – 1	(1 – 2 – 3)	3,36	0,90	3,36	4,50	3,36	4,86
AM – 2	(4 – 5 – 6)	3,48	1,36	3,48	3,67	3,48	6,03
AM – 3	(7 – 8 – 9)	3,36	0,40	3,36	4,61	3,36	4,60
AF – 1	(10 – 11 – 12)	3,36	4,68	3,36	7,68	3,36	5,18
AF – 2	(13 – 14 – 15)	3,26	0,49	3,26	3,51	3,26	0,75
AF – 3	(16 – 17 – 18)	3,36	1,39	3,36	5,24	3,36	3,03
AM – 1 AD	(1 AD – 2 AD)	19,0	0,49	19,0	1,15	19,0	2,26
AM – 2 AD	(3 AD – 4 AD)	19,0	1,17	19,0	0,20	19,0	2,30
AM – 3 AD	(5 AD – 6 AD)	19,0	1,00	19,0	0,16	19,0	0,58
AF – 1 AD	(7 AD – 8 AD)	19,0	20,07	19,0	1,51	19,0	0,11
AF – 2 AD	(9 AD – 10 AD)	19,0	0,23	19,0	0,09	19,0	1,75
AF – 3 AD	(11 AD – 12 AD)	19,0	2,04	19,0	1,16	19,0	1,71

#### OBSERVAÇÕES

- 1 - Os cálculos estatísticos comparativos das funções lineares transformadas podem ser vistos no anexo n° 3;
- 2 - Os valores de  $F_{(\alpha, \beta)}$  são os tabelados para a distribuição F;
- 3 - Os valores  $F_{calc}$  são os calculados e apresentados no anexo n° 3.

#### 4.3.2 – Representação gráfica e analítica dos ábacos de dosagem do concreto

Os dados apresentados nas tabelas 4.1 a 4.6, para o caso dos concretos convencionais, e os das tabelas 4.7 a 4.12 para os concretos aditivados, aliados aos testes estatísticos, permitiram a representação dos ábacos de dosagem para as diversas famílias de concreto. Estes ábacos estão apresentados como se segue:

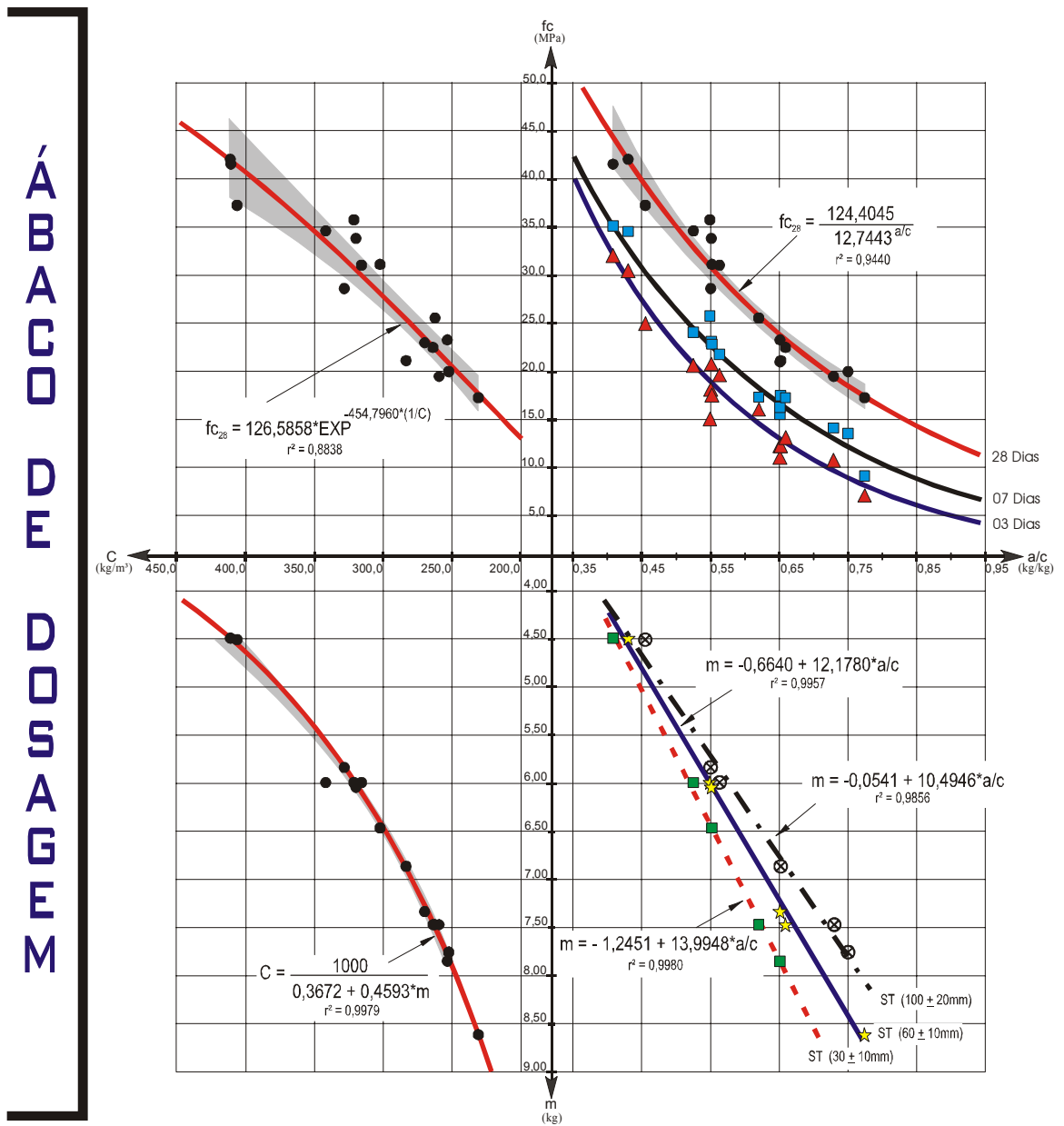
- a) Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 representam os ábacos de dosagem para os concretos convencionais, confeccionados com areia média, brita 1, brita 2 e brita (1+2). São os identificados como AM-1, AM-2 e AM-3 respectivamente;
- b) Figuras 4.4, 4.5 e 4.6 representam os ábacos de dosagem para os concretos convencionais, confeccionados com areia fina, brita 1, brita 2 e brita (1+2). São os identificados como AF-1, AF-2 e AF-3 respectivamente;
- c) Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 representam os ábacos de dosagem para os concretos aditivados (aditivo plastificante do tipo “P”), confeccionados com areia média, brita 1, brita 2 e brita (1+2). São os identificados como AM-1 AD, AM-2 AD e AM-3 AD;
- d) Figuras 4.10, 4.11 e 4.12 representam os ábacos de dosagem para os concretos aditivados (aditivo plastificante do tipo “P”), confeccionados com areia fina, brita 1, brita 2 e brita (1+2). São os identificados como AF-1 AD, AF-2 AD e AF-3 AD;

As regiões hachuradas nos ábacos de dosagem representam os intervalos de confiança para a estimativa dos valores médios da variável resposta dos modelos das leis de Abrams, Molinary e 4° quadrante do ábaco, com uma confiabilidade de 95%.

Não foram definidos intervalos de confiança para os concretos confeccionados com aditivos em função do reduzido número de misturas por famílias de concreto.

As expressões analíticas que regem as leis de comportamento para os quadrantes do ábaco de dosagem foram definidas pelo Método dos Mínimos Quadrados. As expressões analíticas para as idades de 3 dias e 7 dias são mostradas no anexo nº 3, Tabelas A3-1 a A3-6.

AGREGADOS UTILIZADOS		<b>TIPO DE CONCRETO</b> <b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 50%
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1</b>		<b>60 ± 10</b>	α = 50%
			<b>100 ± 20</b>	α = 52%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000

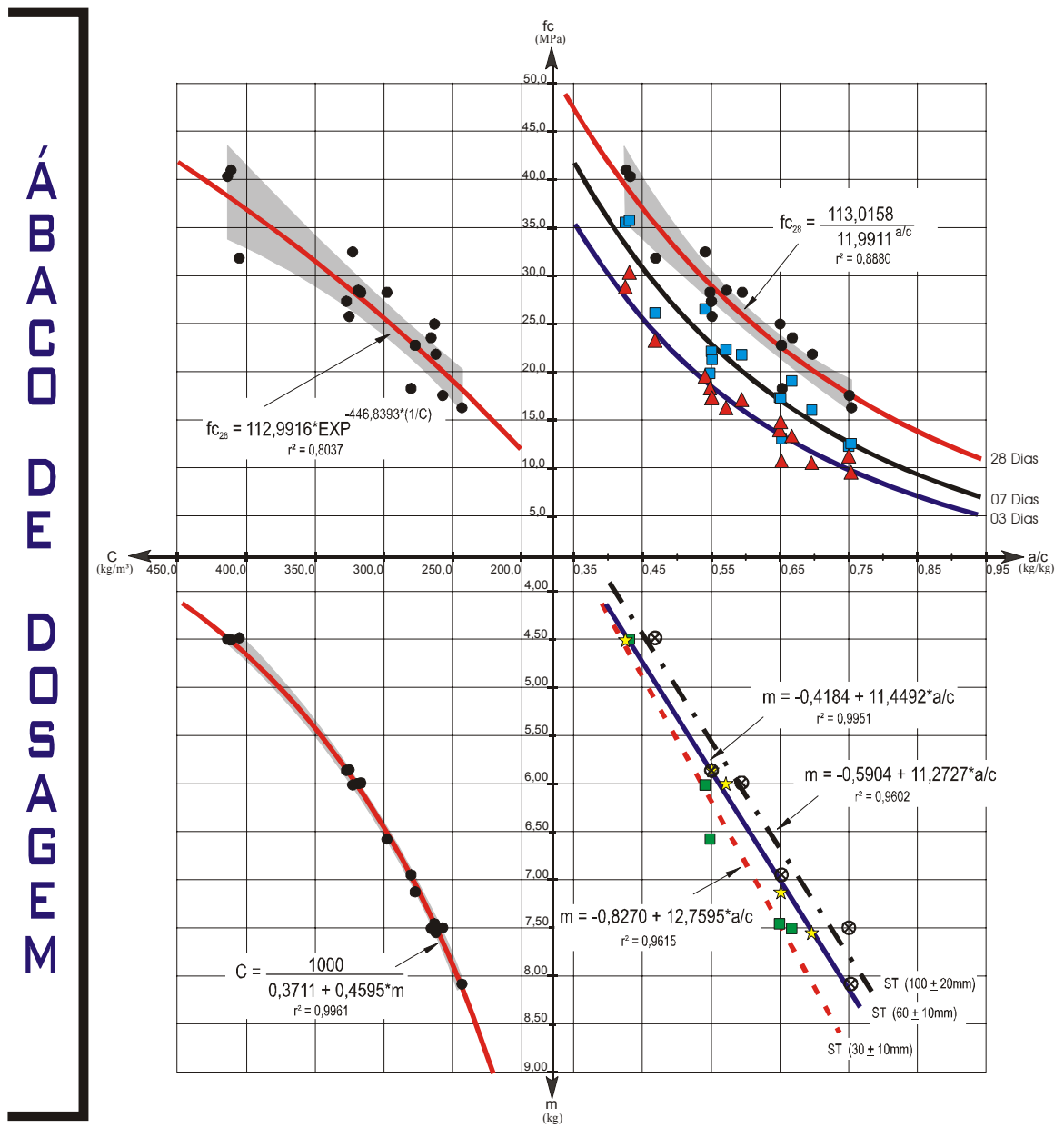
2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-1 a A1-3 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
▲ 03 Dias de idade	■ ST 30±10mm
■ 07 Dias de idade	★ ST 60±10mm
● 28 Dias de idade	● ST 100±20mm

**FIGURA 4.1 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1 - (Família AM-1)**

AGREGADOS UTILIZADOS		<b>TIPO DE CONCRETO</b> <b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 48%
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 2</b>		<b>60 ± 10</b>	α = 49%
			<b>100 ± 20</b>	α = 51%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g ( $kg/dm^3$ ))	Diâmetro Máximo Característico ( $f_{max}$ ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

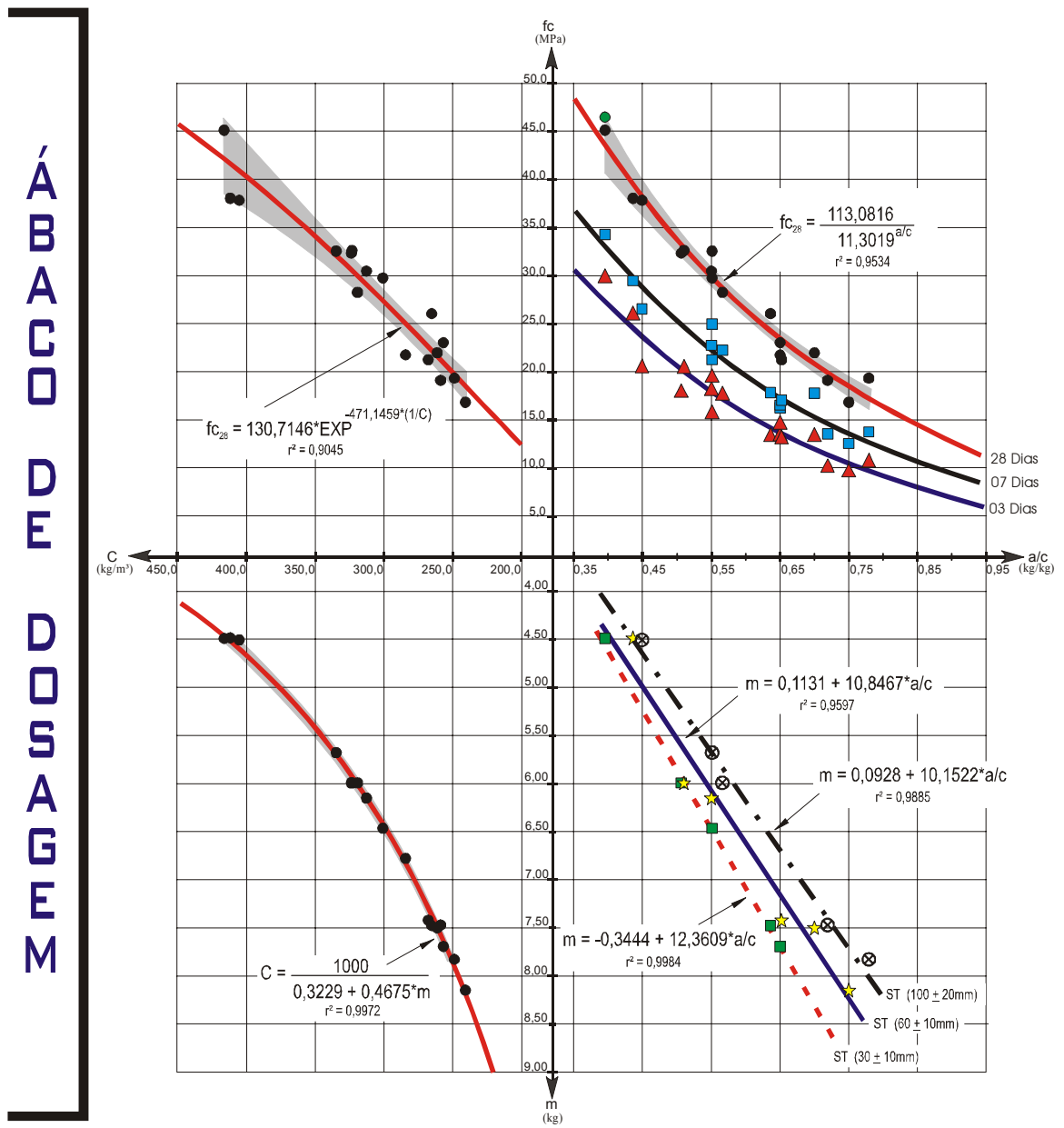
2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-4 a A1-6 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
▲ (Triângulo Verde)	ST 30±10mm
■ (Quadrado Azul)	ST 60±10mm
● (Círculo Preto)	ST 100±20mm

**FIGURA 4.2 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 2 - (Família AM-2)**

AGREGADOS UTILIZADOS		<b>TIPO DE CONCRETO</b> <b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 50%
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1+BRITA 2</b> (50% de cada uma)		<b>60 ± 10</b>	α = 51%
			<b>100 ± 20</b>	α = 52%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

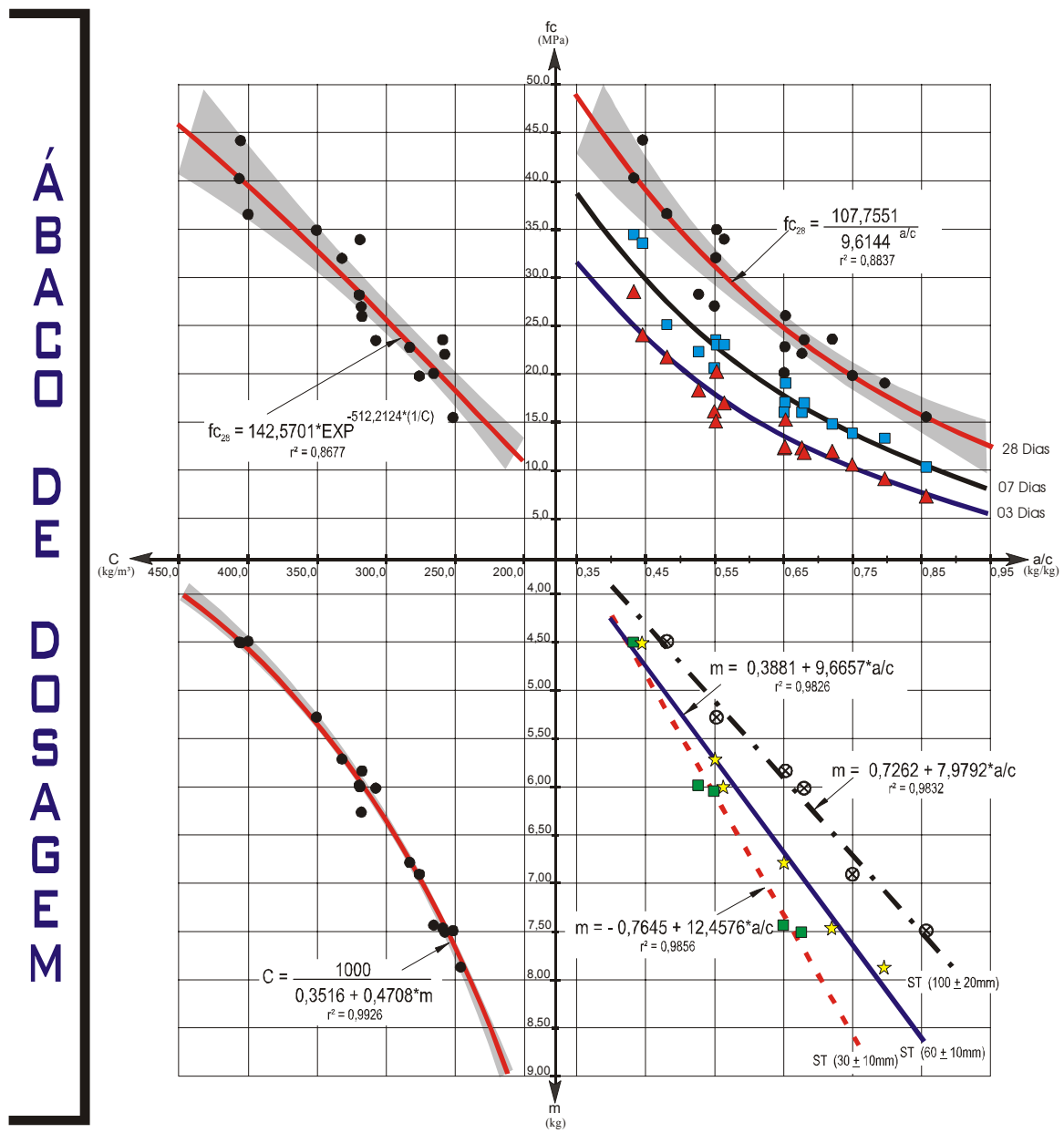
2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-7 a A1-9 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● (Red)	ST 30±10mm
■ (Blue)	ST 60±10mm
● (Black)	ST 100±20mm
▲ (Red)	03 Dias de idade
■ (Blue)	07 Dias de idade
● (Black)	28 Dias de idade

**FIGURA 4.3 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1+BRITA 2 - (Família AM-3)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>		<b>30 ± 10</b>	α = 52%
<b>FINA</b>	<b>BRITA 1</b>			<b>60 ± 10</b>	α = 51%
				<b>100 ± 20</b>	α = 51%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm <sup>3</sup> ))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000

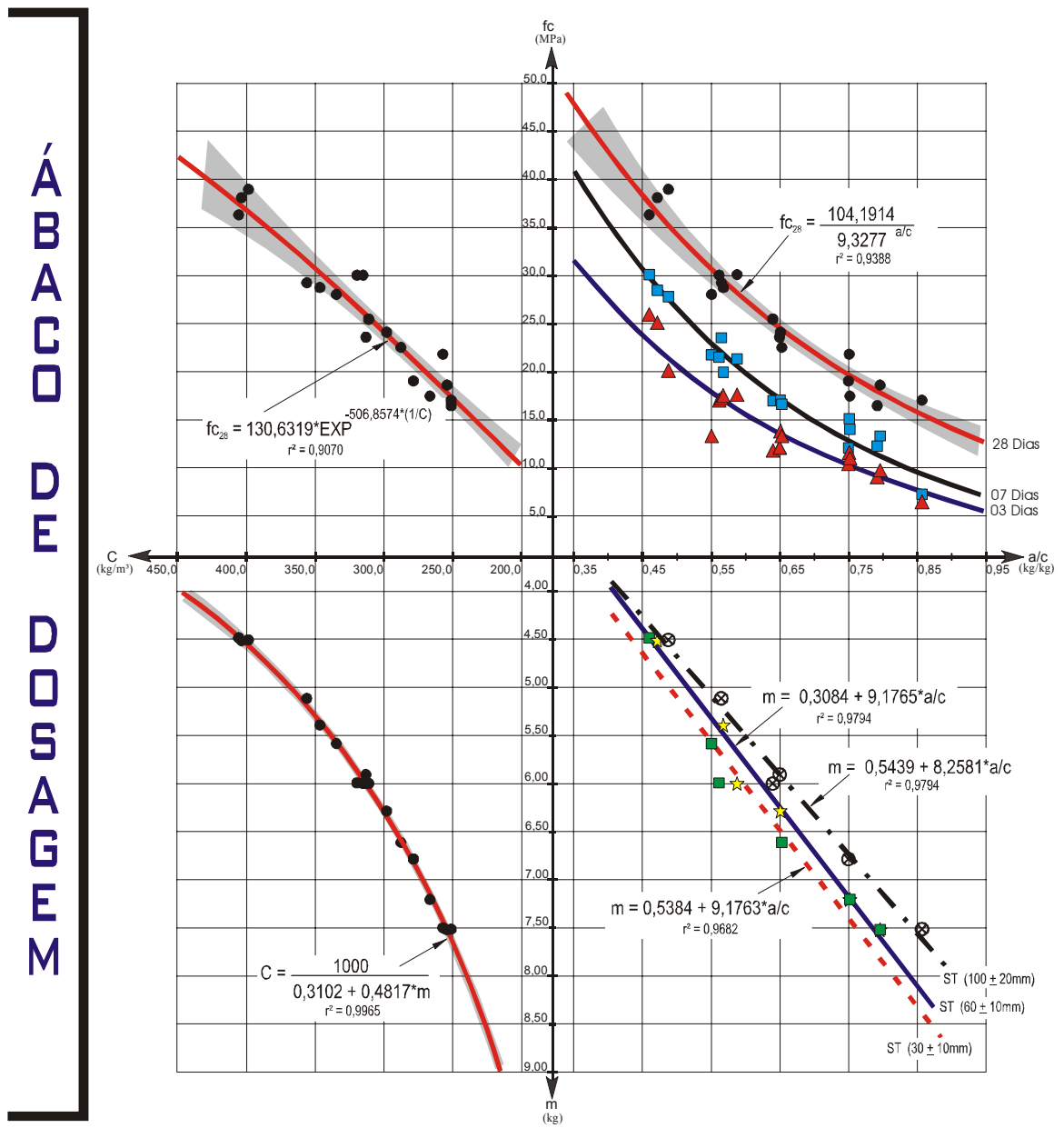
2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-1 a A1-3 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
▲ 03 Dias de idade	■ ST 30±10mm
■ 07 Dias de idade	★ ST 60±10mm
● 28 Dias de idade	⊗ ST 100±20mm

**FIGURA 4.4 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 1 - (Família AF-1)**

AGREGADOS UTILIZADOS		<b>TIPO DE CONCRETO</b> <b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		$30 \pm 10$	$\alpha = 51\%$
<b>FINA</b>	<b>BRITA 2</b>		$60 \pm 10$	$\alpha = 52\%$
			$100 \pm 20$	$\alpha = 53\%$



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-4 a A1-6 do ANEXO nº 1

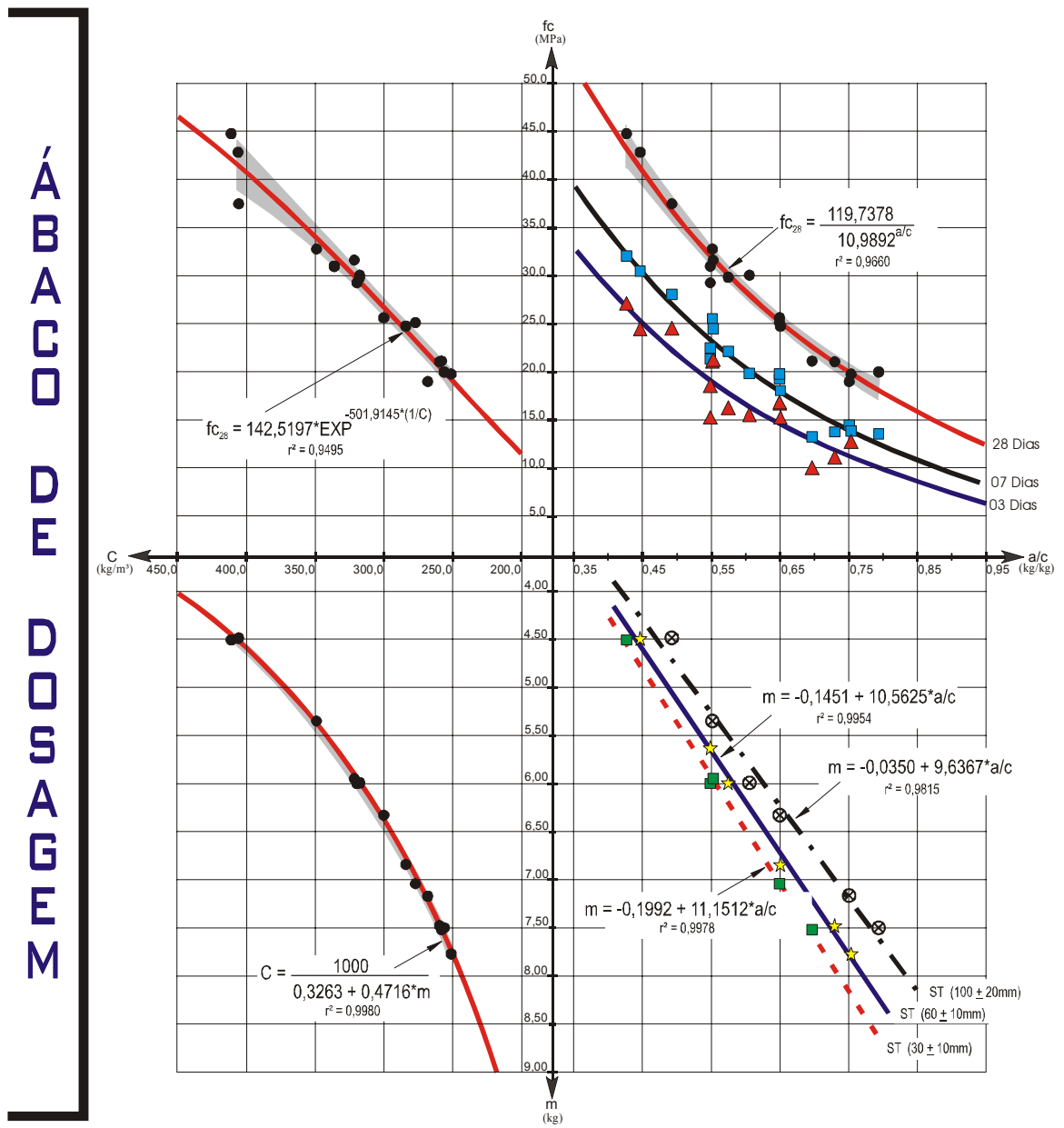
**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● (Red)	■ (Green)
● (Black)	★ (Yellow)
● (Blue)	● (Black)

**FIGURA 4.5 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 2 - (Família AF-2)**



AGREGADOS UTILIZADOS		<b>TIPO DE CONCRETO</b> <b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 49%
<b>FINA</b>	<b>BRITA 1+BRITA 2</b> (50% de cada uma)		<b>60 ± 10</b>	α = 50%
			<b>100 ± 20</b>	α = 51%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

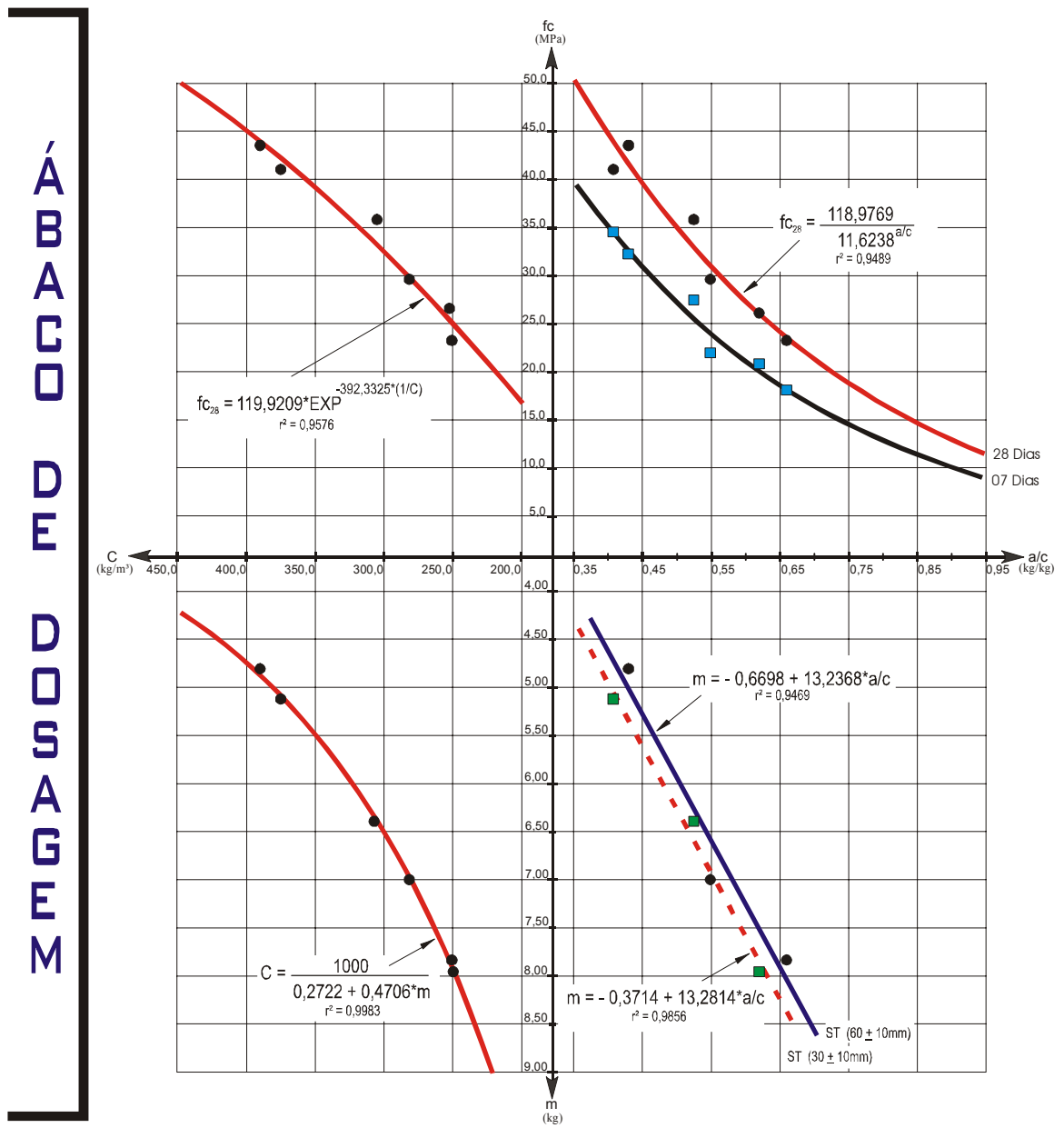
2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-7 a A1-9 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
03 Dias de idade	ST 30±10mm
07 Dias de idade	ST 60±10mm
28 Dias de idade	ST 100±20mm

**FIGURA 4.6 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia FINA e BRITA 1+BRITA 2 - (Família AF-3)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b> Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX      Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>		<b>30 ± 10</b>	α = 50%
			<b>60 ± 10</b>	α = 50%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g ( $kg/dm^3$ ))	Diâmetro Máximo Característico ( $f_{max}$ ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000

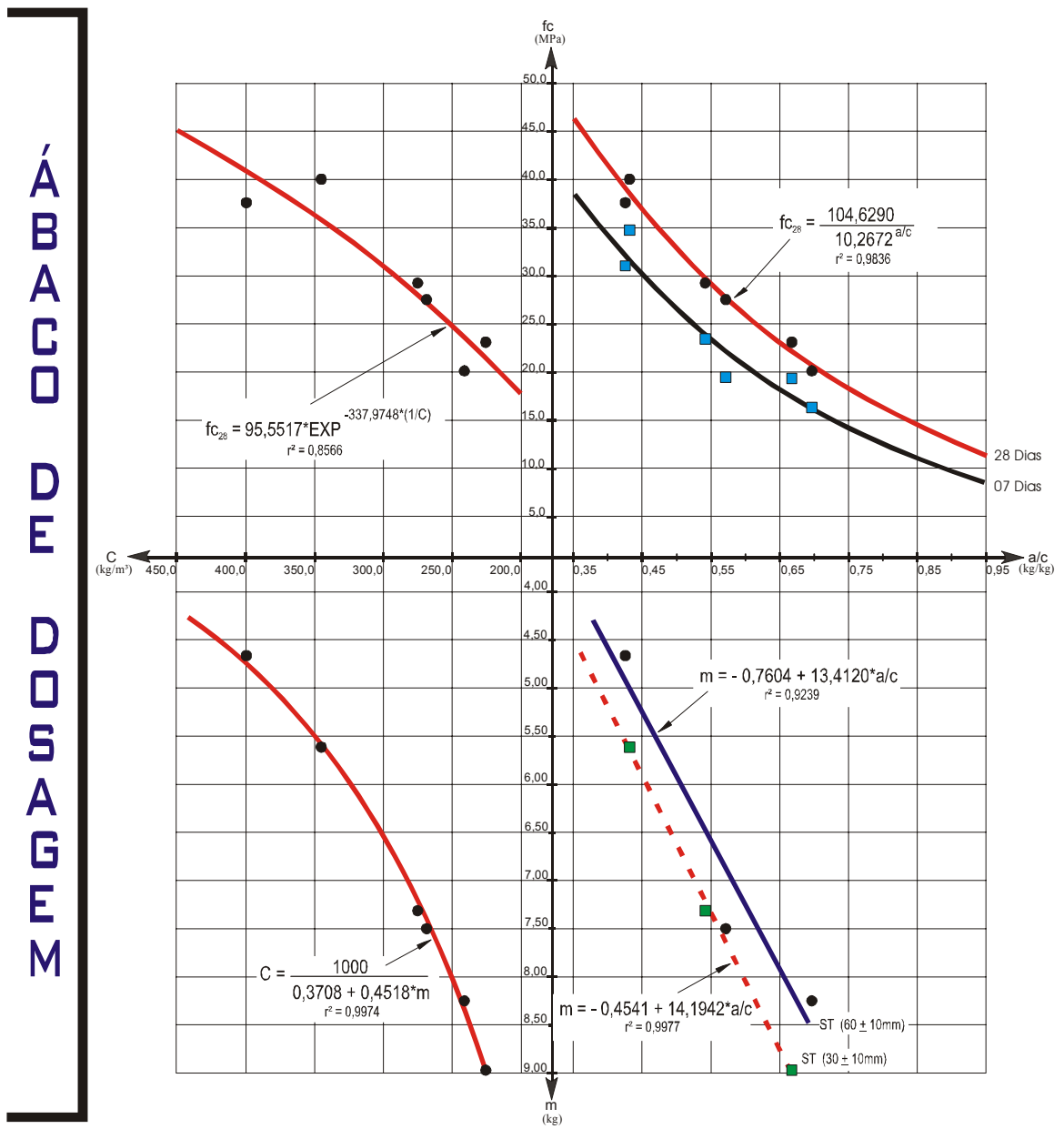
- 2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-10 e A1-11 do ANEXO nº 1  
 3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● (Red)	■ (Red dashed)
● (Black)	■ (Blue)

**FIGURA 4.7 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo "P"), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1 – (Familia AM 1-AD)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b> Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX      Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 2</b>		<b>30 ± 10</b>	α = 48%
			<b>60 ± 10</b>	α = 49%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,690	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

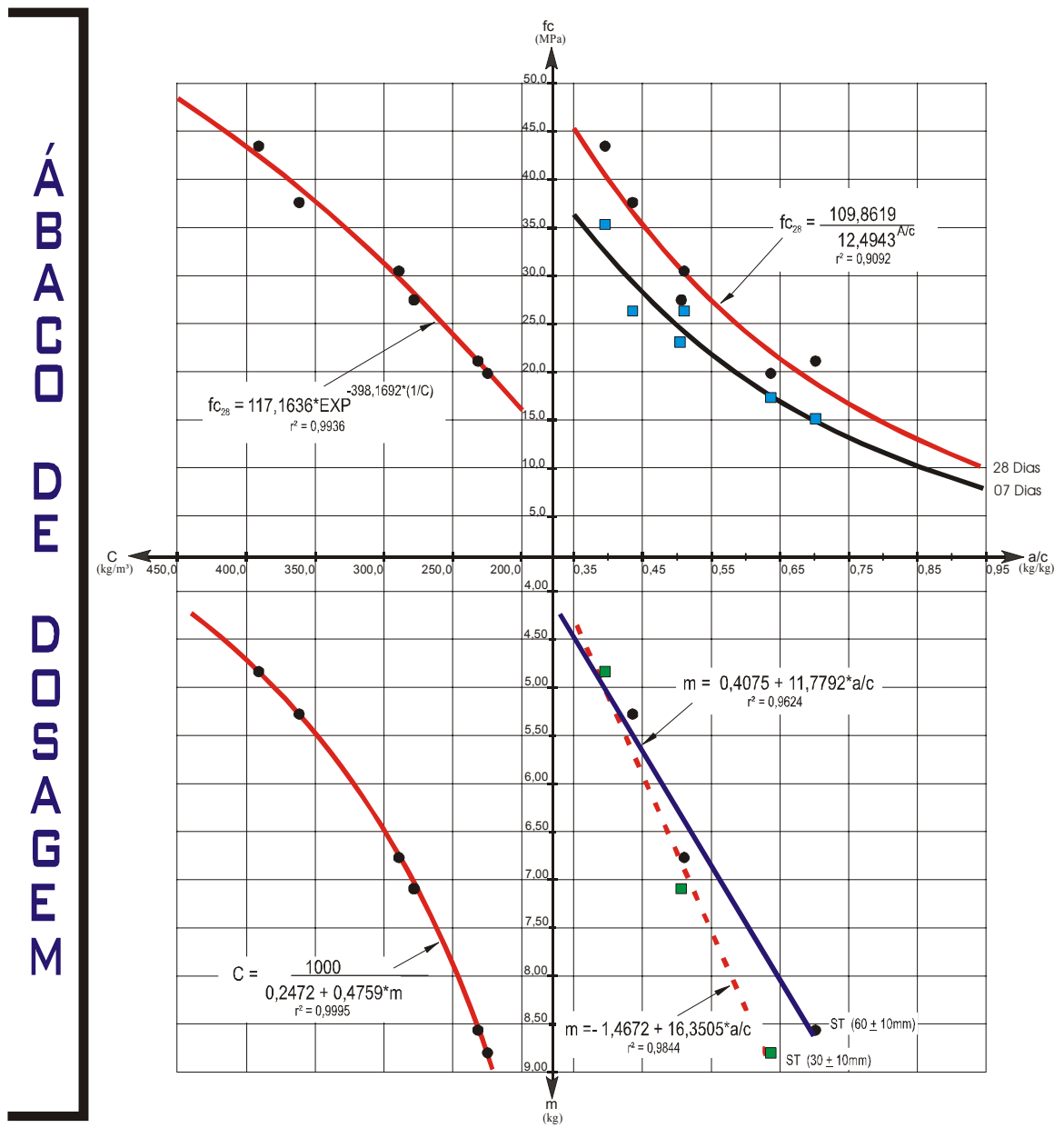
- 2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-12 e A1-13 do ANEXO nº 1  
 3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● (Preto) 28 Dias de idade	■ (Verde) ST 30±10mm
● (Azul) 07 Dias de idade	● (Preto) ST 60±10mm

**FIGURA 4.8 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo "P"), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 2 – (Família AM 2-AD)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 50%
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1+BRITA 2</b> (50% de cada uma)	Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX    Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	<b>60 ± 10</b>	α = 51%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-14 e A1-15 do ANEXO nº 1

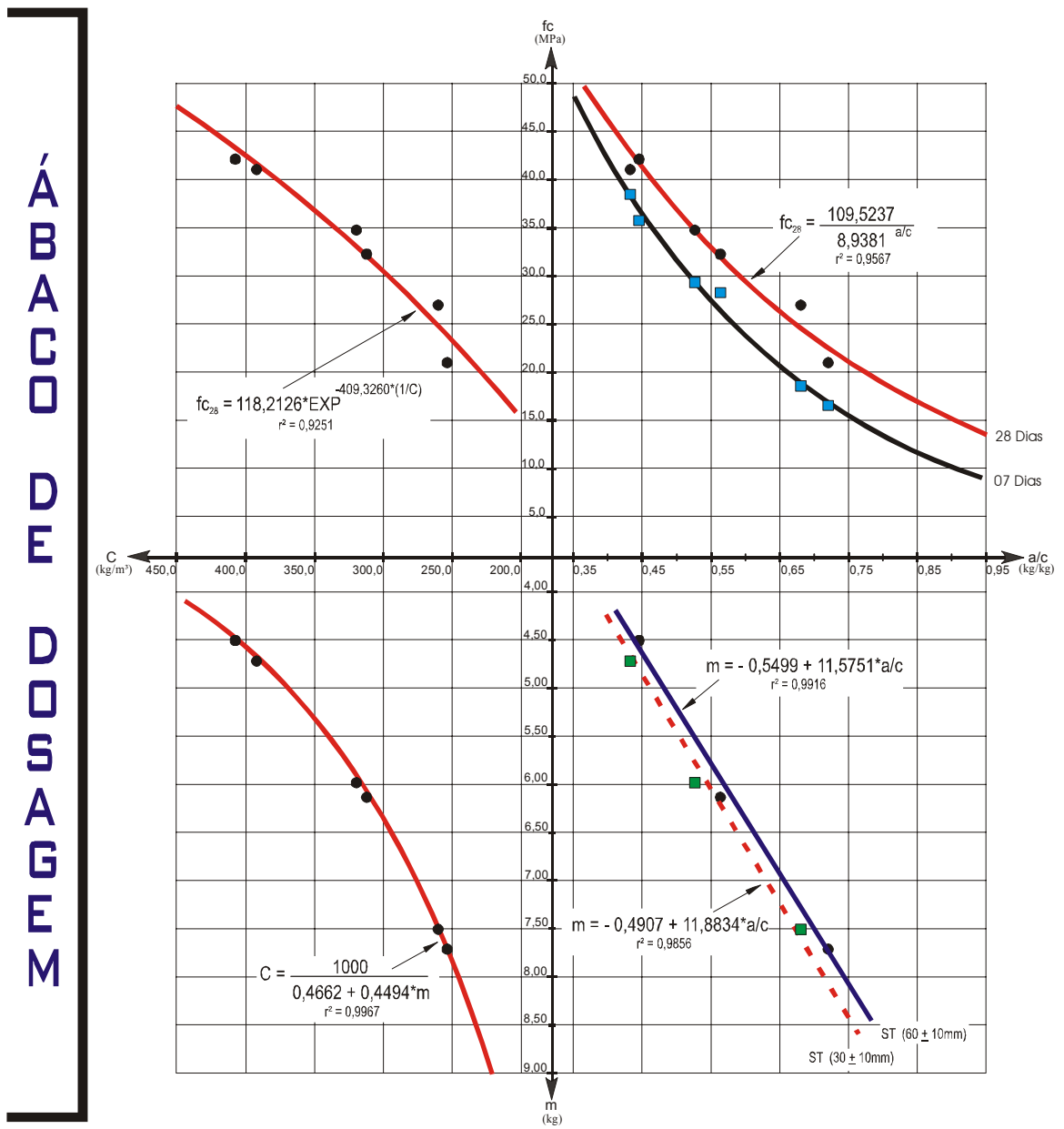
3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
■ (07 Dias de idade)	■ (ST 30±10mm)
● (28 Dias de idade)	● (ST 60±10mm)

**FIGURA 4.9 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo "P"), confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1+BRITA 2 – (Família AM 3-AD)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b> Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX      Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>		<b>30 ± 10</b>	α = 52%
			<b>60 ± 10</b>	α = 51%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000

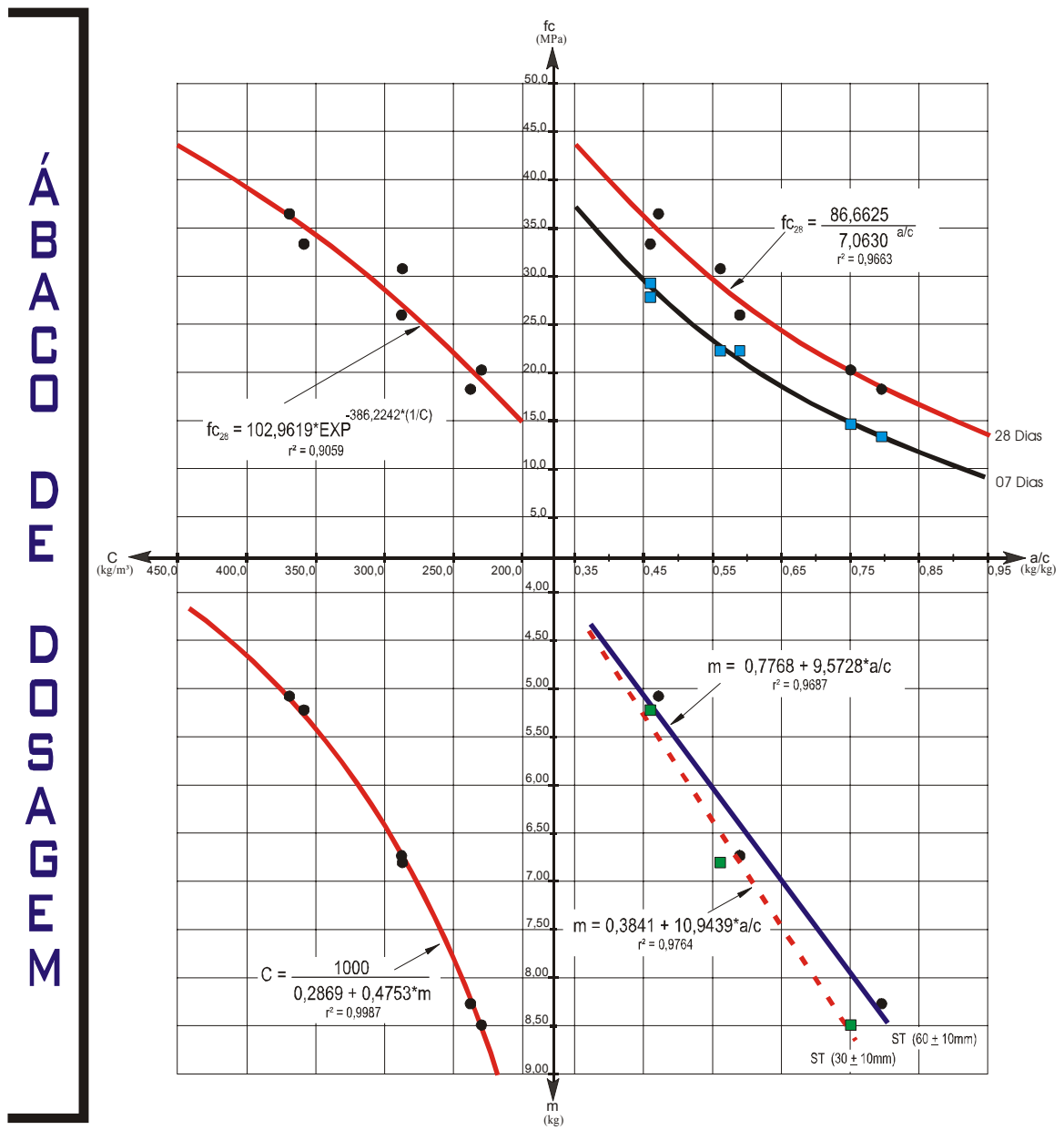
- 2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-10 e A1-11 do ANEXO nº 1  
 3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● 07 Dias de idade	■ ST 30±10mm
● 28 Dias de idade	■ ST 60±10mm

**FIGURA 4.10 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo "P"), confeccionados com areia FINA e BRITA 1 – (Familia AF 1-AD)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b> Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX      Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 2</b>		<b>30 ± 10</b>	α = 51%
			<b>60 ± 10</b>	α = 52%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

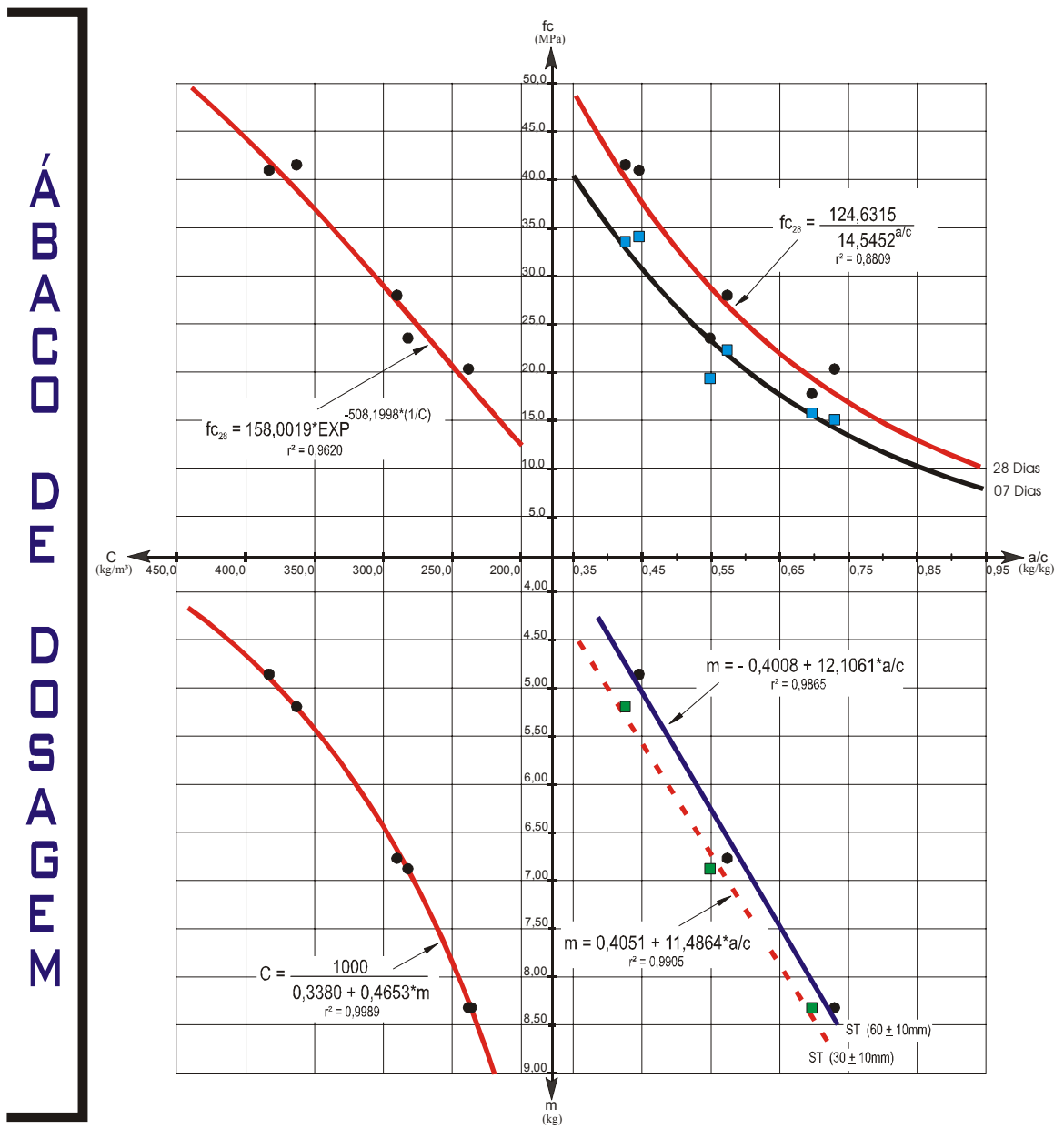
- 2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-12 e A1-13 do ANEXO nº 1
- 3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● 07 Dias de idade	■ ST 30±10mm
● 28 Dias de idade	■ ST 60±10mm

**FIGURA 4.11 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo "P"), confeccionados com areia FINA e BRITA 2 – (Familia AF 2-AD)**

AGREGADOS UTILIZADOS		TIPO DE CONCRETO <b>CONCRETO ADITIVADO</b>	ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto		<b>30 ± 10</b>	α = 49%
<b>FINA</b>	<b>BRITA 1+BRITA 2</b> (50% de cada uma)	Aditivo Plastificante do tipo "P" Marca: CEMIX    Fabric.: OTTO BAUMGART S.A.	<b>60 ± 10</b>	α = 50%



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (g (kg/dm³))	Diâmetro Máximo Característico (f <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,090	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

2 - Informações adicionais sobre este ábaco, podem ser obtidas nas tabelas A1-14 e A1-15 do ANEXO n° 1

3 - A dosagem do aditivo plastificante do tipo "P" foi a recomendada pela fabricante (0,3% da massa do cimento)

**QUADRO LEGENDA**

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	ABATIMENTO MEDIDO PELO TRONCO DE CONE (ST)
● (Preto)	■ (Verde) - ST 30±10mm
● (Azul)	■ (Azul) - ST 60±10mm

**FIGURA 4.12 – ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos aditivados (aditivo PLASTIFICANTE do tipo “P”), confeccionados com areia FINA e BRITA 1+BRITA 2 – (Família AF 3-AD)**

#### 4.4 – Determinação de um traço de concreto utilizando o ábaco de dosagem

##### 4.4.1 – Informações preliminares

Para demonstrar a forma de utilização dos ábacos de dosagens apresenta-se a seguir, como exemplo da utilização dos ábacos de dosagem, o dimensionamento de um traço de concreto para uma situação fictícia de produção do concreto, que se apresenta segundo as condições relacionadas abaixo:

- a) Condições da obra
  - Edificação residencial urbana em meio não agressivo;
  - Produção do concreto no canteiro, com equipe fixa e treinada;
  - Concreto produzido em betoneira estacionária, com capacidade de 320 litros;
  - Os materiais são armazenados em boas condições e dosados em volume, exceto o cimento (sacos de 50kg);
  - Volume de concreto da peça a ser concretada = 135,0 m<sup>3</sup>.
  
- b) Características do concreto
  - As peças estruturais e as taxas de armaduras permitem o uso de brita 1 (19mm) como agregado graúdo;
  - A consistência da mistura, medida pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test), será (60±10)mm;
  - A resistência característica à compressão do concreto (fck) especificada para o projeto é de 20MPa;
  - O desvio-padrão de dosagem (Sd) adotado para a obra será de 5,5MPa.
  
- c) Caracterização física dos materiais a serem utilizados:
  - CIMENTO  
Cimento Portland Composto com Pozolana (CP II Z-32)  
Massa específica = 3,09kg/dm<sup>3</sup> (valor determinado nos laboratórios da UEM)
  - AGREGADOS  
Será utilizado como agregado a areia lavada, natural, quartzosa e a pedra britada de basalto. As características físicas destes materiais são as apresentadas nas tabelas 3.1 à 3.6.

##### 4.4.2 – Dimensionamento do traço solicitado

O dimensionamento do traço em massa e em volume, utilizando o ábaco de dosagem, é apresentado nas tabelas 4.14 e 4.15. O ábaco de dosagem utilizado é o mostrado na figura 4.1 (ÁBACO DE DOSAGEM – Concretos convencionais confeccionados com areia MÉDIA e BRITA 1).

---



**TABELA 4.14** – Dimensionamento de um traço em massa, utilizando o ábaco de dosagem (Família AM-1)**PARÂMETROS OBTIDOS DO ÁBACO DE DOSAGEM - Família AM-1**

## DADOS DE ENTRADA

- Resistência característica à compressão (fck)..... 20MPa
- Desvio padrão de dosagem (Sd)..... 5,5MPa

Da equação (7)

- Resistência requerida no estudo de dosagem (f<sub>c28</sub>) ..... 29,1MPa

**EXPRESSÕES MATEMÁTICAS DAS CURVAS DO ÁBACO DE DOSAGEM**

ABRAMS: 
$$f_{c_{28}} = \frac{124,4045}{12,7443^{a/c}} \quad \Rightarrow \quad a/c = 0,571$$

LYSE: 
$$m = -0,6640 + 12,1780 \cdot (a/c) \quad \Rightarrow \quad m = 6,290\text{kg}$$

(Para abatimento – Slump Test – ST = (60±10)mm)

MOLINARY: 
$$C = \frac{1000}{0,3672 + 0,4593 \cdot m} \quad \Rightarrow \quad C = 307,11\text{kg/m}^3$$

**DESDOBRAMENTO DO TRAÇO****CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA FAMÍLIA DE CONCRETO****TRAÇO SOLICITADO**

(1 : a : p : a/c) (kg)

- Abatimento : ST = (60 + 10)mm

1,000 : 2,645 : 3,645 : 0,571

- Teor de Argamassa ( $\alpha$ ) = 50%**OBSERVAÇÕES**

1 – O desdobramento do traço foi feito utilizando-se as equações (27) e (28);

2 – As expressões analíticas utilizadas para os cálculos são as constantes na figura 4.1.

(Ábaco de Dosagem para concretos confeccionados com areia média e brita 1)

**TABELA 4.15** – Dimensionamento em volume de um traço utilizando o ábaco de dosagem

CARACTERÍSTICA DO TRAÇO		TRAÇO SOLICITADO	
Teor de Argamassa $\alpha = 50\%$	Teor de agregado total $m = 6,290\text{kg}$	<b>1,000 : 2,645 : 3,645 : 0,571</b>	
Teor de água/mistura seca $H = 7,833\%$	Consumo de Cimento / $\text{m}^3$ (Cons) Cons = $307,11\text{kg}/\text{m}^3$	% BRITA 1 = 100%	% BRITA 2 = 0%

**DIMENSIONAMENTO DO TRAÇO EM VOLUME**

MATERIAL	CONSUMO DE MATERIAIS SECO/ $\text{M}^3$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	VOLUME DO MATERIAL SOLTO E ÚMIDO	
		Material para $1\text{m}^3$ de concreto	Material para $135,0\text{m}^3$ de concreto
- CIMENTO – CII - Z -32	307,11	6,1 sacos	829,2 sacos
- AREIA LAVADA MÉDIA	812,31	0,654 $\text{m}^3$	88,3 $\text{m}^3$
- BRITA 1	1.119,42	0,727 $\text{m}^3$	98,1 $\text{m}^3$
- ÁGUA	175,36	0,147 $\text{m}^3$	19,8 $\text{m}^3$

**DIMENSIONAMENTO DAS CAIXAS DE MEDIDAS DOS MATERIAIS**

MATERIAL	MASSA DOS MATERIAIS SECO/BET ( $\text{kg}/\text{Bet}$ )	VOLUME DOS MATERIAIS SOLTOS E UMIDOS / BET	QUANTIDADES E DIMENSÕES DAS CAIXAS	
			QUANT.	DIMENSÕES (Base x Altura ) (cm)
- CIMENTO – CII - Z -32	50,00	1 saco	1	SACO
- AREIA LAVADA MÉDIA	132,25	106,49 $\text{dm}^3$	3	CX (35 x 45 x 22,5) cm
- BRITA 1	182,25	118,34 $\text{dm}^3$	4	CX (35 x 45 x 18,8) cm
- ÁGUA	28,55	23,92 $\text{dm}^3$	-	Até 23,9 Litros

**QUANTIDADES DE ÁGUA/BETONADA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICA NO INSTANTE DA CONCRETAGEM**

Condições climáticas no instante da concretagem	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água / betonada ( litros)
- Não choveu a mais de três dias consecutivos ( sol )	4,0	23,3
- Choveu recentemente	6,0	20,6
- Choveu na véspera	8,0	18,0
- Esta chovendo	10,0	15,3

**OBSERVAÇÃO**

- 1 - Para as conversões de massa x volume dos materiais foram utilizados os valores das massas unitárias na condição solta apresentadas nas FIGURAS 3.4 e 3.6;
- 2 - A quantidade de água/betonada foi dimensionada considerando o coeficiente de inchamento médio de 1,290 e teor de umidade de 3,5%.

## 4.5 – Análise de Resultados

### 4.5.1 – O Método IPT/EPUSP de dosagem de concreto

O método IPT/EPUSP de dosagem do concreto justificou, durante a etapa experimental desta pesquisa, suas qualidades de método com características essencialmente experimentais. A facilidade para o desenvolvimento da metodologia aliada à necessidade de poucas informações relativas aos materiais constituintes da mistura e o mínimo de estrutura laboratorial, permite que este método seja aplicado sem grandes restrições nas diversas regiões do país.

Esta versatilidade do método pode ser verificada durante toda a fase experimental. Por exemplo, a rapidez e a praticidade com a qual é verificado a deficiência ou o excesso de argamassa da mistura e a obtenção do diagrama de dosagem, são duas situações que comprovam estas qualidades.

Em termos experimentais, o método sugere a adoção de algumas medidas práticas para a verificação estimativa e visual da qualidade da mistura (verificação da superfície do concreto após o alisamento com colher de pedreiro, golpes com a haste de adensamento para a verificação da coesão entre outros). No entanto, percebe-se que a experiência da equipe que executa a dosagem, tem influência significativa no desenvolvimento do experimento.

A relativa facilidade em se promover incrementos nos teores de agregados, para atender a uma determinada trabalhabilidade, ganha importância especialmente quando se trabalha com aditivos em função do tempo de utilização destes aditivos.

O método, no que se refere à determinação do diagrama de dosagem, tem como referência às leis básicas de comportamento (Abrams, Lyse e Molinary). Desta forma o diagrama possibilita análises rápidas que permitem alternativas de traços cujas misturas necessitam, na maioria das situações, de poucos ajustes para se adaptarem às condições de canteiro nos aspectos técnicos e econômicos.

### 4.5.2 – Avaliação da influência da consistência na resistência do concreto

Estabelecer uma relação entre a consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, e a resistência foi fundamental para o estabelecimento do ÁBACO DE DOSAGEM para os tipos de concretos aqui avaliados. Para tanto se lançou mão do ferramental estatístico, fazendo a comparação de função linear das equações transformadas das leis de Abrams, Molinary e 4° Quadrante no ábaco de dosagem.

A tabela 4.13 apresenta os resultados destas comparações de funções para os concretos convencionais e aditivados. É fácil observar nestes dados que por esta avaliação (distribuição F), para o caso dos concretos convencionais, o abatimento não tem influência ( $F_{\text{calc}} \leq F_{(\alpha, \beta)}$ ) na maioria dos caso para o 1° quadrante (Abrams) e influência significativamente (nível de significância > 5%) para o 3° quadrante (Molinary) e 4° quadrante ( $F_{\text{calc}} > F_{(\alpha, \beta)}$ ).

Para o caso dos concretos aditivados, sob a ótica estatística, o abatimento não tem influência significativa em nenhuma das leis avaliadas. Este comportamento no entanto, neste caso pode ser resultado do pequeno número de misturas avaliadas.

Muito embora os testes estatísticos tenham, em alguns casos, mostrado a influência do abatimento, experimentalmente e graficamente este comportamento não se verificou, especialmente para os casos do 3° quadrante (Molinary) e 4° quadrante. Assim foi feita uma simulação para verificar a sensibilidade das expressões matemáticas que definiram as curvas para estes quadrantes nos ábacos de dosagem.

Nesta simulação foram adotados valores para os parâmetros: relações água/cimento (0,45; 0,65; 0,85), teor de agregado total igual a (5,00; 6,50; 8,0)kg e consumo de cimento de (250,0; 325,0; 400,0)kg/m<sup>3</sup>, verificando-se as variações percentuais das variáveis resistência ( $f_{c28}$ ) para a lei de Abrams, Consumo de cimento (C) para Molinary e a resistência em função do consumo ( $f_{c28} \times C$ ) para o 4° quadrante, das funções de referência A, B e C quando comparadas com os valores obtidos pela função Z (curvas únicas, resultantes da junção das funções A (ST=30±10mm), B (ST=60±10mm) e C (ST=100±20mm)) representadas na curva do Ábaco de dosagem.

As tabelas 4.16 e 4.17 mostram as variações percentuais máximas ( $VP_{Ref}$ ) obtidas para os parâmetros avaliados nos concretos convencionais e aditivados mencionados acima. Outros valores destas comparações podem ser observados no anexo n° 6.

Ao observar os valores apresentados nas tabelas 4.16 e 4.17 verificam-se algumas variações consideráveis ( $VP_{Ref} > 5\%$ ) ainda mais se levado em conta que as porcentagens apresentadas são os valores máximos absolutos em cada parâmetro. No entanto, se avaliado os valores constantes nas tabelas A6-1 a A6-4 do anexo n° 6 mostram que as maiores variações ocorrem para os valores extremos para os quadrantes avaliados, sendo que para a maioria das situações simuladas, as variações são menores que 5%.

Assim, tomando como base estas simulações, cujos valores mostram que as variações são pequenas nos parâmetros avaliados (resistência, consumo e resistência em função do consumo), é que concluímos que a influência do abatimento não é significativa do ponto de vista prático.

Desta forma, justifica-se o fato de representar em uma curva única (Ábaco de dosagem), os concretos com abatimentos de ST=30·10mm, ST=60±10mm, ST=100±20mm para os concretos convencionais e ST=30±10mm, ST=60±10mm para os concretos aditivados, uma vez que este procedimento não incorre a erros significativos nos valores dos parâmetros dos traços definidos pelo ábaco de dosagem.

**TABELA 4.16** – Avaliação da sensibilidade das expressões analíticas das curvas obtidas para os ábacos de dosagem para os CONCRETOS CONVENCIONAIS

IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO NO ÁBACO DE DOSAGEM	LEIS DE COMPORTAMENTO								
	ABRAMS			MOLINARY			4° QUADRANTE		
	a/c	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C) <sup>(3)</sup>	f <sub>c28</sub> (Z) <sup>(4)</sup> (MPa)	m (kg)	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C)	C(Z) <sup>(5)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C)	f <sub>c28</sub> (Z) (MPa)
<b>AM - 1</b> (Areia Média x Brita 1)	<b>0,45</b>	7,1%	39,6	<b>5,00</b>	0,6%	375,4	<b>250,0</b>	12,3%	23,5
	<b>0,65</b>	2,1%	23,8	<b>6,50</b>	0,8%	298,3	<b>325,0</b>	5,4%	33,4
	<b>0,85</b>	5,6%	14,3	<b>8,00</b>	0,8%	247,4	<b>400,0</b>	8,7%	41,6
<b>AM - 2</b> (Areia Média x Brita 2)	<b>0,45</b>	6,8%	37,0	<b>5,00</b>	0,9%	374,7	<b>250,0</b>	18,5%	18,9
	<b>0,65</b>	8,4%	22,5	<b>6,50</b>	0,9%	297,8	<b>325,0</b>	10,8%	28,6
	<b>0,85</b>	13,9%	13,7	<b>8,00</b>	0,9%	247,1	<b>400,0</b>	9,5%	37,0
<b>AM - 3</b> (Areia Média x Brita 1+ Brita 2)	<b>0,45</b>	1,3%	38,0	<b>5,00</b>	0,9%	375,9	<b>250,0</b>	13,6%	19,9
	<b>0,65</b>	3,0%	23,4	<b>6,50</b>	0,9%	297,5	<b>325,0</b>	8,8%	30,7
	<b>0,85</b>	4,9%	14,4	<b>8,00</b>	0,9%	246,1	<b>400,0</b>	5,2%	40,3
<b>AF - 1</b> (Areia Fina x Brita 1)	<b>0,45</b>	8,5%	38,9	<b>5,00</b>	1,2%	369,6	<b>250,0</b>	15,8%	18,4
	<b>0,65</b>	13%	24,7	<b>6,50</b>	1,6%	293,1	<b>325,0</b>	18,3%	33,4
	<b>0,85</b>	19,1%	15,7	<b>8,00</b>	1,8%	242,8	<b>400,0</b>	8,4%	41,6
<b>AF - 2</b> (Areia Fina x Brita 2)	<b>0,45</b>	4,5%	38,1	<b>5,00</b>	1,5%	369,6	<b>250,0</b>	7,6%	17,2
	<b>0,65</b>	2,5%	24,4	<b>6,50</b>	1,7%	293,1	<b>325,0</b>	3,3%	27,5
	<b>0,85</b>	3,8%	15,6	<b>8,00</b>	1,9%	242,8	<b>400,0</b>	2,7%	36,8
<b>AF - 3</b> (Areia Fina x Brita 1+ Brita 2)	<b>0,45</b>	1,7%	40,7	<b>5,00</b>	0,9%	372,5	<b>250,0</b>	4,2%	19,1
	<b>0,65</b>	4,8%	25,2	<b>6,50</b>	0,7%	294,8	<b>325,0</b>	4,9%	30,4
	<b>0,85</b>	9,6%	15,6	<b>8,00</b>	0,9%	244,0	<b>400,0</b>	5,4%	40,6
<b>OBSERVAÇÕES:</b>				<b>LEGENDA:</b>					
1 – As funções de referência A, B e C, são as obtidas para os concretos confeccionados com ST=30±10mm, ST=60±10mm, ST=100±20mm respectivamente;				(3) VP <sub>Ref</sub> (A,B,C) = Variação percentual máxima do parâmetro (f <sub>c28</sub> , C) das funções de referência (A, B, C) com relação à função Z;					
2 – Outros valores podem ser observados nas tabelas A6-13 e A6-14 do ANEXO n° 4.				(4) f <sub>c28</sub> (Z) = Resistência à compressão obtida pela expressão do Ábaco de dosagem;					
				(5) C(Z) = Consumo de cimento/m <sup>3</sup> de concreto obtido pela expressão do Ábaco de dosagem.					

**TABELA 4.17** – Avaliação da sensibilidade das expressões analíticas das curvas obtidas para os ábacos de dosagem para os CONCRETOS ADITIVADOS

IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO NO ÁBACO DE DOSAGEM	LEIS DE COMPORTAMENTO								
	ABRAMS			MOLINARY			4° QUADRANTE		
	a/c	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C) <sup>(3)</sup>	fc <sub>28</sub> (Z) <sup>(4)</sup> (MPa)	m (kg)	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C)	C(Z) <sup>(5)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	VP <sub>Ref</sub> (A,B,C)	fc <sub>28</sub> (Z) (MPa)
<b>AM – 1AD</b> (Areia Média x Brita 1)	<b>0,45</b>	2,0%	39,5	<b>5,00</b>	0,8%	380,9	<b>250,0</b>	6,8%	25,0
	<b>0,65</b>	5,4%	24,2	<b>6,50</b>	0,5%	300,2	<b>325,0</b>	9,3%	33,4
	<b>0,85</b>	13,5%	14,8	<b>8,00</b>	0,3%	247,7	<b>400,0</b>	8,7%	41,6
<b>AM – 2AD</b> (Areia Média x Brita 2)	<b>0,45</b>	2,5%	36,7	<b>5,00</b>	0,9%	380,3	<b>250,0</b>	8,1%	24,7
	<b>0,65</b>	2,6%	23,0	<b>6,50</b>	0,6%	302,3	<b>325,0</b>	9,2%	33,8
	<b>0,85</b>	2,1%	14,5	<b>8,00</b>	0,3%	250,9	<b>400,0</b>	10,5%	41,0
<b>AM – 3AD</b> (Areia Média x Brita 1+ Brita 2)	<b>0,45</b>	0,8%	35,3	<b>5,00</b>	0,2%	380,7	<b>250,0</b>	1,3%	23,8
	<b>0,65</b>	13,6%	21,3	<b>6,50</b>	0,1%	299,4	<b>325,0</b>	1,2%	34,4
	<b>0,85</b>	25,0%	12,8	<b>8,00</b>	0,2%	246,6	<b>400,0</b>	2,5%	43,3
<b>AF – 1AD</b> (Areia Fina x Brita 1)	<b>0,45</b>	2,9%	40,9	<b>5,00</b>	1,2%	368,6	<b>250,0</b>	11,7%	23,0
	<b>0,65</b>	7,2%	26,4	<b>6,50</b>	0,2%	295,2	<b>325,0</b>	3,9%	33,5
	<b>0,85</b>	18,2%	17,0	<b>8,00</b>	0,6%	246,2	<b>400,0</b>	1,2%	42,5
<b>AF – 2AD</b> (Areia Fina x Brita 2)	<b>0,45</b>	2,2%	36,0	<b>5,00</b>	0,1%	375,5	<b>250,0</b>	8,2%	22,0
	<b>0,65</b>	1,6%	24,3	<b>6,50</b>	0,1%	296,2	<b>325,0</b>	1,6%	31,4
	<b>0,85</b>	4,8%	16,5	<b>8,00</b>	0,2%	244,5	<b>400,0</b>	2,6%	39,2
<b>AF – 3AD</b> (Areia Fina x Brita 1+ Brita 2)	<b>0,45</b>	5,3%	37,4	<b>5,00</b>	0,1%	375,3	<b>250,0</b>	6,8%	20,7
	<b>0,65</b>	11,9%	21,9	<b>6,50</b>	0,3%	297,4	<b>325,0</b>	0,3%	33,1
	<b>0,85</b>	18,8%	12,8	<b>8,00</b>	0,5%	246,3	<b>400,0</b>	4,7%	44,3
<b>OBSERVAÇÕES:</b>				<b>LEGENDA:</b>					
1 – As funções de referência A e B, são as obtidas para os concretos confeccionados com ST=30±10mm e ST=60±10mm respectivamente;				(3) VP <sub>Ref</sub> (A,B,C) = Variação percentual máxima do parâmetro (fc <sub>28</sub> , C) das funções de referência (A, B, C) com relação à função Z;					
2 – Outros valores podem ser observados nas tabelas A6-15 e A6-16 do ANEXO nº 4.				(4) fc <sub>28</sub> (Z) = Resistência à compressão obtida pela expressão do Ábaco de dosagem;					
				(5) C(Z) = Consumo de cimento/m <sup>3</sup> de concreto obtido pela expressão do Ábaco de dosagem.					

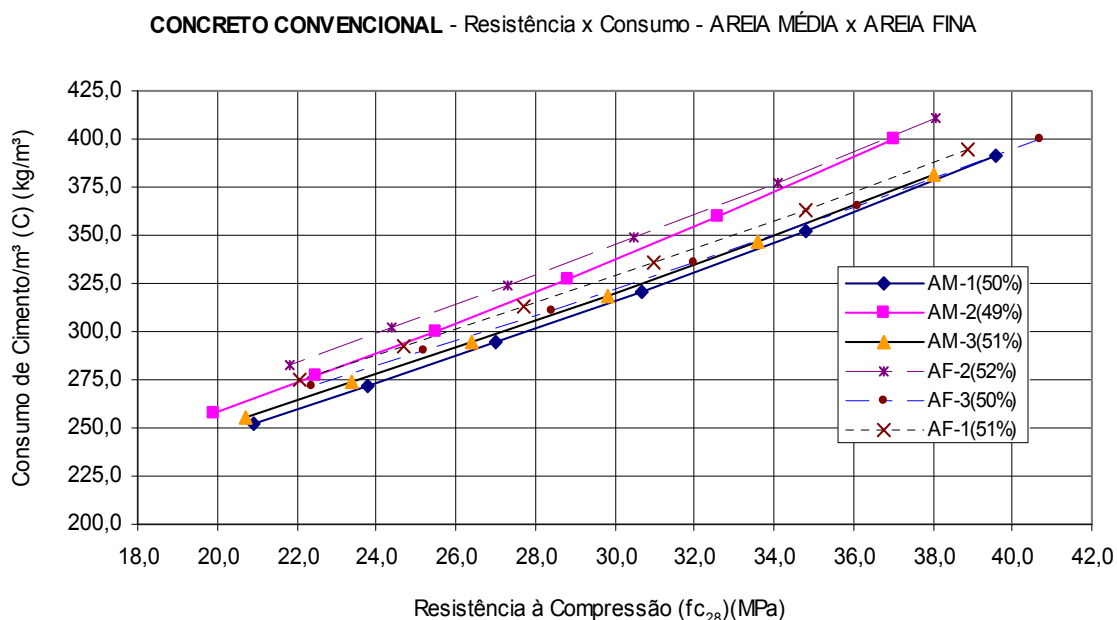
#### 4.5.3 – Avaliação da influência das características dos agregados em alguns parâmetros da mistura

A granulometria dos agregados é um parâmetro importante na qualidade da mistura uma vez que pode interferir na resistência mecânica e na consistência do concreto. Sendo assim, tomando como referência as expressões analíticas determinadas para os ábacos de dosagem, pode-se estimar por meio de comparações, a influência dos agregados, no que se refere à dimensão máxima característica, no consumo de cimento, na resistência e na demanda de água da mistura para as famílias de concretos relacionadas na tabela 3.10.

Estas avaliações foram feitas por meio de traços determinados pelos ábacos de dosagens, simulando situações de misturas confeccionadas com os dois tipos de areia e as britas utilizadas na pesquisa.

Foram adotados nestas simulações as relações água/cimento iguais a 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,65 e 0,70 e abatimento de  $60 \pm 10$ mm, tanto para os concretos confeccionados com areia média quanto para os produzidos com areia fina.

Os valores obtidos para a comparação resistência x consumo são mostrados na tabela 4.18. A figura 4.13 mostra esta simulação apresentando o comportamento das famílias de concretos confeccionados com areias finas e médias nos teores de argamassa ( $\alpha$ ) especificados no quadro legenda da figura.



**FIGURA 4.13** – Avaliação da resistência à compressão e consumo de cimento para concretos convencionais confeccionados com areia média e fina para as relações água/cimento ( $a/c$ ) fixadas em 0,45 - 0,50 - 0,55 - 0,60 - 0,65 e 0,70 e abatimento (ST) de  $60 \pm 10$ mm

**TABELA 4.18** – Valores dos parâmetros resistência x consumo para concretos convencionais confeccionados com areia média, areia fina e abatimento de 60±10mm

Relação Água/Cimento (a/c)	IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO											
	AM –1 ( $\alpha=50\%$ )		AM –2 ( $\alpha=49\%$ )		AM –3 ( $\alpha=52\%$ )		AF –1 ( $\alpha=51\%$ )		AF –2 ( $\alpha=52\%$ )		AF –3 ( $\alpha=50\%$ )	
	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )	fc (MPa)	C (kg/m <sup>3</sup> )
0,450	39,6	391,4	37,0	400,3	38,0	381,4	38,9	394,4	38,1	411,4	40,7	400,5
0,500	34,8	352,2	32,6	359,5	33,6	346,8	34,8	363,2	34,1	377,4	36,1	365,5
0,550	30,7	321,0	28,8	326,9	29,8	318,7	31,0	335,7	30,5	348,4	32,0	336,0
0,600	27,0	294,4	25,5	300,2	26,4	294,5	27,7	312,6	27,3	323,8	28,4	311,2
0,650	23,8	272,1	22,5	276,9	23,4	273,9	24,7	292,2	24,4	302,1	25,2	289,7
0,700	20,9	252,5	19,9	257,3	20,7	255,7	22,1	274,8	21,8	283,1	22,4	271,2

**OBSERVAÇÃO:**

Para a determinação do consumo de cimento (C) foram utilizadas as expressões analíticas constantes no 4° Quadrante do ábaco de dosagem das respectivas famílias de concreto.

Avaliando os dados constantes na figura 4.13 e na tabela 4.18 pode-se observar que ocorreram variações, tanto na resistência quanto no consumo, quando comparados seus valores entre as famílias de concreto com mesmo valor da relação água/cimento. A tabela 4.19 mostra algumas comparações, quantificando em porcentagem as variações ocorridas.

**TABELA 4.19** – Variações percentuais dos parâmetros resistência e consumo para os concretos convencionais confeccionados com areia média, areia fina e abatimento de 60±10mm

IDENTIFICAÇÃO DO CONCRETO		Parâmetros de Comparação para valores de relação água/cimento iguais a 0,45 – 0,50 – 0,55 – 0,60 – 0,65 – 0,70				OBSERVAÇÕES
TIPO DE AREIA	FAMÍLIAS COMPARADAS	RESISTÊNCIA		CONSUMO		
		AUMENTA	DIMINUI	AUMENTA	DIMINUI	
<b>MÉDIAS</b>	AM-2 x AM-1	-	4,8% a 6,6%	1,8% a 2,3%	-	-
	AM-3 x AM-1	-	1,0% a 4,0%	-	0,0% a 2,6%	Para a/c ≤ 0,60
	AM-3 x AM-2	2,7% a 4,0%	-	-	0,6% a 4,7%	-
<b>FINAS</b>	AF-2 x AF-1	-	1,2% a 2,1%	3,0% a 4,3%	-	-
	AF-3 x AF-1	1,4% a 4,6%	-	-	0,0% a 1,5%	Para a/c ≤ 0,55
	AF-3 x AF-2	2,8% a 6,8%	-	-	2,6% a 4,2%	-
<b>FINAS X MÉDIAS</b>	AF-1 x AM-1	0,0% a 5,7%	-	0,8% a 8,8%	-	Para a/c ≥ 0,50
	AF-2 x AM-2	3,0% a 9,5%	-	2,8% a 10,0%	-	-
	AF-3 x AM-3	7,1% a 8,2%	-	5,0% a 6,0%	-	-



Quando se observa a figura 4.13, nota-se que os concretos confeccionados com brita 2, independentemente do tipo de areia utilizada, apresentam comportamentos, com relação à resistência correlacionada com o consumo, diferente dos concretos confeccionados com brita 1 ou brita (1+2), apresentando sistematicamente resistências menores para consumo de cimento maiores para as relações água/cimento adotadas nesta simulação.

Sem descartar a possibilidade de erros em alguma das etapas do processo de dosagem, pode-se especular que este comportamento provavelmente, seja resultante do teor de argamassa ( $\alpha=49\%$ ) adotado. Esta hipótese pode ser justificada se considerarmos que, para baixos teores de argamassa, a mistura pode apresentar maior porosidade em função da deficiência de compactação, que por sua vez, pode ser conseqüência da diminuição do efeito lubrificante da argamassa junto aos agregados.

Tomando como base as informações contidas na tabela 4.19 pode-se perceber que as variações são pequenas para os valores da relação água/cimento adotadas, tanto para a resistência quanto para os consumos especialmente, para os casos dos concretos convencionais (sem aditivo plastificante) confeccionados com areia média (AM-1, AM-2 e AM-3) quanto os confeccionados com areia fina (AF-1, AF-2 e AF-3). Por estas diferenças percentuais, poderíamos dizer que para um mesmo tipo de areia, em termos de resistência e consumo de cimento, o fato de usar como agregados graúdos, brita 1, brita 2 ou brita 1+ brita 2, não faz com que ocorram alterações significativas na resistência e no consumo de cimento por metro cúbico de concreto.

No entanto, quando se comparam as variações da resistência e consumo, observados entre concretos sem aditivo, confeccionados com areia fina e areia média para um mesmo tipo de agregado graúdo, os dados indicam uma tendência em aumentos da resistência, com acréscimos maiores no consumo de cimento por metro cúbico de concreto, para o caso das areias finas.

Duas questões têm que ser observadas nos dados apresentados na tabela 4.19 quando se compara, para as diferentes famílias de concreto, a resistência em função do consumo de cimento. Uma primeira questão está relacionada às influências decorrentes das variações dos procedimentos dos ensaios envolvidos (moldagem, cura e resistência dos corpos-de-prova, e determinação da massa específica do concreto fresco). Outro ponto relaciona-se fato de se comparar misturas com diferentes teores de argamassa.

É certo que as diferenças nos teores de argamassa ( $\alpha$ ) são pequenas para um mesmo tipo de areia ( 1% para areias médias e 2% para areias finas). Estas diferenças são difíceis de se detectar experimentalmente, mas podem estar interferindo nos resultados finais desta comparação.

Com relação aos concretos com aditivo plastificante as diferenças para os parâmetros resistência e consumo de cimento, quando comparado com concretos convencionais, são mais visíveis e detectáveis. As tabelas 4.20 e 4.21 mostram algumas informações relacionadas às comparações entre os concretos convencionais e aditivados, para as mesmas relações água/cimento ( $a/c = 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65$  e  $0,70$ ) e abatimento  $60\pm 10$ mm. As equações utilizadas nos cálculos foram as constantes nos ábacos de dosagem (figuras 4.1 a 4.12).

**TABELA 4.20** - Avaliação comparativa entre concretos aditivados e convencionais para os concretos confeccionados com areia média e abatimento de 60+10mm

Relação água/cimento (a/c)	AM-1AD x AM-1				AM-2AD x AM-2				AM-3AD x AM-3			
	Diferenças Percentuais				Diferenças Percentuais				Diferenças Percentuais			
	fc	m	H	C	fc	m	H	C	fc	M	H	C
0,45	-0,3	8,9	-8,1	-9,7	-0,8	11,4	-8,6	-11,8	-7,1	14,3	-10,7	-13,0
0,50	0,3	8,8	-8,2	-9,8	0,3	12,1	-9,2	-12,3	-7,4	13,7	-10,4	-13,4
0,55	0,7	8,7	-8,2	-9,9	1,0	12,5	-9,7	-13,0	-8,1	13,3	-10,2	-14,0
0,60	1,1	8,6	-8,2	-10,0	1,6	13,0	-10,1	-13,8	-8,7	12,9	-10,1	-14,5
0,65	1,7	8,6	-8,3	-9,9	2,2	13,3	-10,4	-14,3	-9,0	12,6	-9,9	-14,7
0,70	2,4	8,6	-8,3	-9,9	3,0	13,6	-10,7	-14,7	-9,2	12,3	-9,8	-14,9

**OBSERVAÇÃO**

O sinal algébrico (-) indica diminuição percentual no parâmetro avaliado com relação à família de concreto utilizada na comparação.

**TABELA 4.21** – Avaliação comparativa entre concretos aditivados e convencionais para os concretos confeccionados com areia fina e abatimento de 60±10mm

Relação água/cimento (a/c)	AF-1AD x AF-1				AF-2AD x AF-2				AF-3AD x AF-3			
	Diferenças Percentuais				Diferenças Percentuais				Diferenças Percentuais			
	fc	m	H	C	fc	m	H	C	fc	M	H	C
0,45	5,1	-1,7	1,41	-2,2	-5,5	14,6	-11,9	-10,7	-8,1	9,5	-7,3	-11,9
0,50	5,2	0,3	-0,3	-3,9	-4,4	13,6	-11,3	-11,0	-9,4	10,0	-7,8	-11,7
0,55	5,8	1,9	-1,7	-4,9	-3,0	12,8	-10,8	-11,1	-10,6	10,5	-8,2	-11,5
0,60	6,1	3,2	-2,9	-5,9	-1,8	12,1	-10,4	-11,4	-12,0	10,8	-8,5	-11,4
0,65	6,9	4,3	-4,0	-6,6	-0,4	11,6	-10,0	-11,5	-13,1	11,1	-8,8	-11,2
0,70	6,8	5,3	-4,9	-7,6	1,4	11,1	-9,6	-11,3	-14,7	11,4	-9,1	-11,3

**OBSERVAÇÃO**

O sinal algébrico (-) indica diminuição percentual no parâmetro avaliado com relação à família de concreto utilizada na comparação.

Para a condição simulada (abatimento de 60±10mm) para as relações água/cimento adotadas (0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65 e 0,70), observando-se os valores constantes nas tabelas 4.20 e 4.21 pode-se verificar a eficiência do aditivo plastificante quando utilizados em concretos confeccionados com areia média e com areia fina.

A norma NBR 11768/97 considera um aditivo plastificante eficiente à medida que ocorra uma redução de pelo menos 6% na quantidade de água prevista para uma dada relação

água/cimento. Desta forma, considerando a simulação com as relações água/cimento fixadas anteriormente percebe-se pelos valores da tabela 4.22, que ocorreu uma redução na umidade do concreto (H). Em decorrência disso, há uma diminuição no consumo de cimento em função do aumento no teor de agregado total para uma dada relação água/cimento.

Nesta simulação (a/c variando de 0,45 a 0,70 e abatimento  $60 \pm 10$ mm) quando comparadas as famílias AF-1AD com a família AF-1, verifica-se a ação do aditivo não foi tão eficaz. Considerando a possibilidade de erros nos procedimentos de dosagens este caso pode ser uma exceção. No entanto, quando se observa as informações constantes na tabela 4.22 e as figuras 4.14 e 4.15, verifica-se uma tendência dos dados, apontando no sentido de que o aditivo plastificante apresenta melhor desempenho para o caso das areias médias.

A tabela 4.22 apresenta os valores comparativos, em percentagem, das diferenças dos parâmetros relacionados nas tabela 4.20 e 4.21 no que se refere aos concretos aditivados comparados aos concretos sem aditivos.

**TABELA 4.22** – Avaliação comparativa dos parâmetros resistência, teor de agregado total, relação água/materiais secos e consumo de cimento entre concretos aditivados e convencionais com abatimento (ST) de  $60 \pm 10$ mm.

FAMÍLIAS COMPARADAS (ADIT. x CONV)	$f_{c28}$		m		H		C	
	AUMENTA	DIMINUI	AUMENTA	DIMINUI	AUMENTA	DIMINUI	AUMENTA	DIMINUI
AM-1AD x AM-1	1%	-	9%	-	-	8%	-	10%
AM-2AD x AM-2	1%	-	12%	-	-	10%	-	13%
AM-3AD x AM-3	-	8%	13%	-	-	10%	-	14%
AF-1AD x AF-1	5%	-	3%	-	-	3%	-	5%
AF-2AD x AF-2	-	3%	13%	-	-	11%	-	11%
AF-3AD x AF-3	-	11%	3%	-	-	9%	-	11%

**OBSERVAÇÃO**

Os valores acima são medidas aproximadas para inteiros, dos valores constantes na tabela 4.20 e tabela 4.21.

As figuras 4.14 e 4.15 mostram o comportamento dos concretos aditivados com relação aos concretos convencionais no que se refere ao consumo em função da resistência para as relações água/cimento avaliadas. As legendas das figuras adotam a identificação da família de concreto e o respectivo teor de argamassa ( $\alpha$ ) determinado experimentalmente e adotado para a pesquisa.

CONCRETO CONVENCIONAL x ADITIVADO - Resistência x Consumo - AREIA MÉDIA

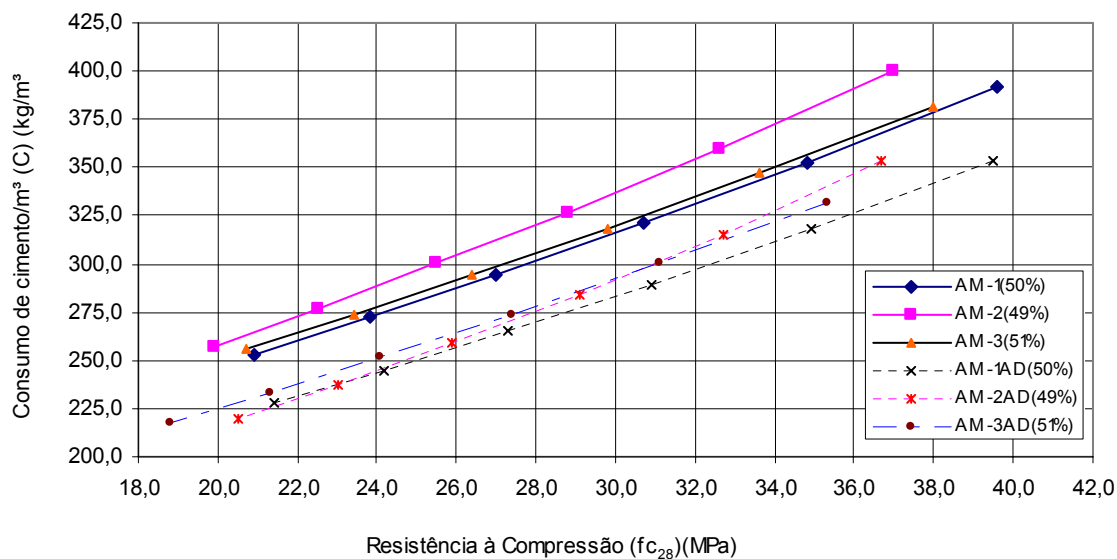


FIGURA 4.14 – Avaliação do consumo de cimento x resistência para concretos confeccionados com areia média, com e sem aditivo plastificante do tipo “P”.

CONCRETO CONVENCIONAL x ADITIVADO - Resistência x Consumo - AREIA FINA

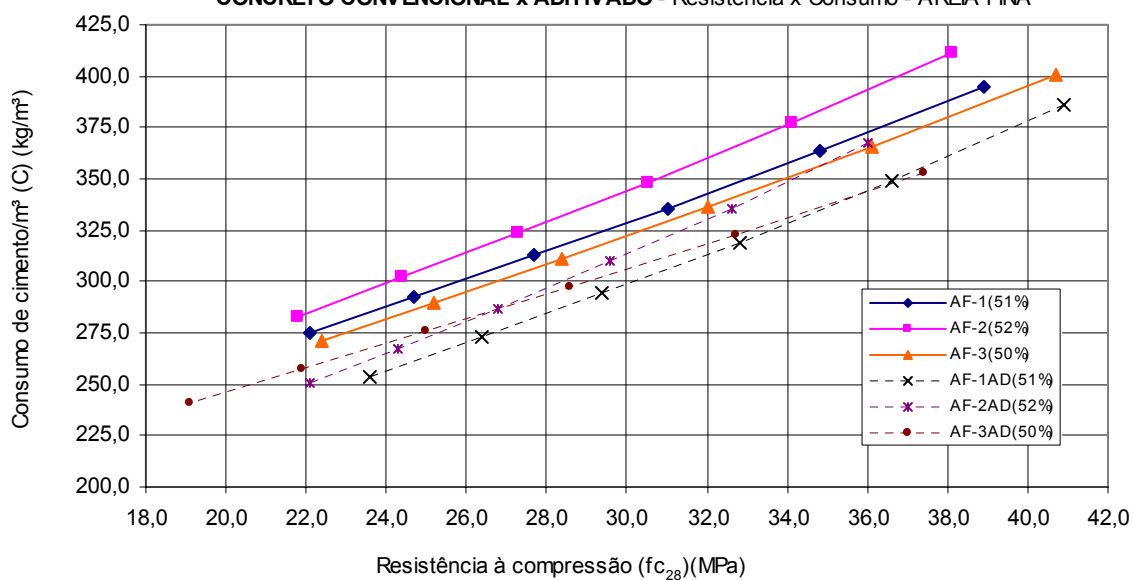
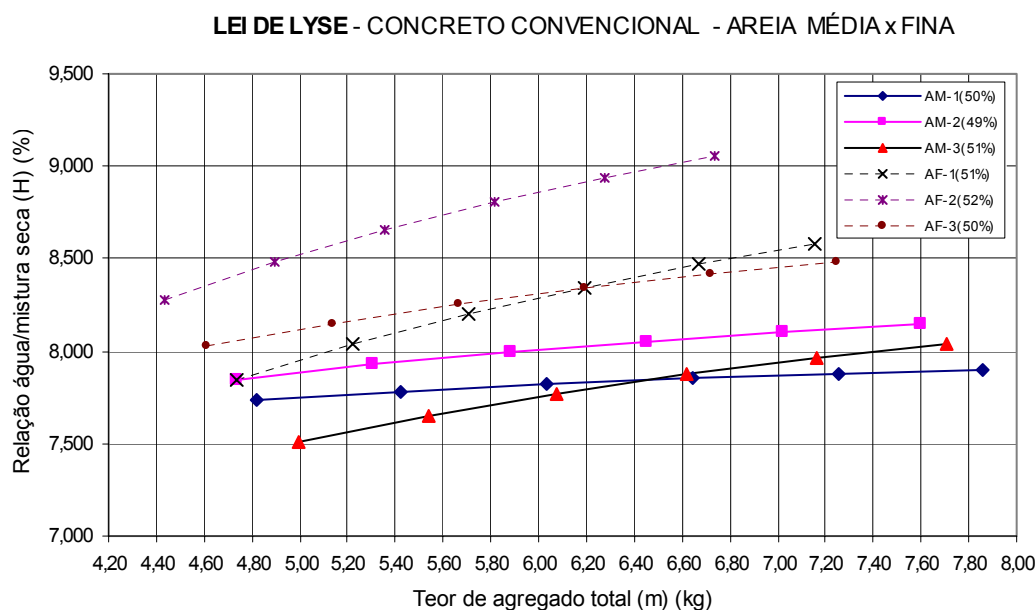


FIGURA 4.15 – Avaliação do consumo de cimento x resistência para concretos confeccionados com areia fina, com e sem aditivo plastificante tipo “P”.

#### 4.5.4 – A quantidade de água em função do teor do agregado total

A lei de Inge Lyse, expressa pela relação  $(m \times a/c)$  que apregoa a constância da quantidade de água total para concretos para uma dada consistência, independentemente da proporção de agregados totais  $(m)$ , é aceita e expressa no meio técnico como uma relação linear. Os dados experimentais obtidos nesta pesquisa mostraram que para um mesmo tipo de agregado miúdo e graúdo, as variações no teor de água/mistura seca são pequenas ou praticamente constantes, como prevê a lei de Lyse.

Este comportamento já não mantém a mesma constância quando se avalia o conjunto de misturas para um mesmo tipo de areia e diferentes tipos de brita. A figura 4.16 mostra as variações do teor de água/mistura seca  $(H)$  em função do teor de agregado total  $(m)$  para o caso dos concretos confeccionados com areias médias  $(AM)$  e areias finas  $(AF)$ , para a simulação especificada anteriormente  $(a/c = 0,45$  a  $0,70$  e  $slump\ test = 60 \pm 10mm)$ .

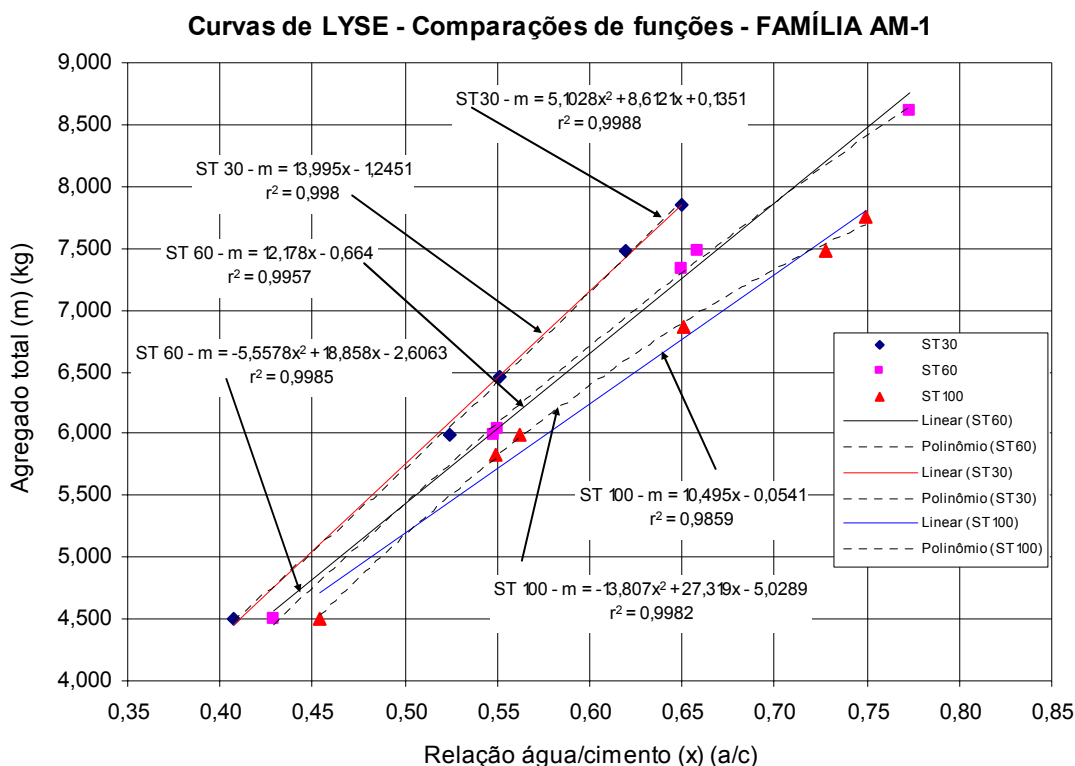


**FIGURA 4.16** – Avaliação da umidade da mistura  $(H)$  em função do teor de agregado total  $(m)$  para concretos confeccionados com areia média e areia fina.

Dafico (1997) recomenda, no que se refere à lei de Lyse, a representação analítica desta lei por meio de uma expressão que descreva uma curva polinomial de 2º grau, ao invés de uma expressão de reta.

Quando se observam os dados experimentais, constantes nas tabelas 4.1 a 4.6 obtidos para concretos convencionais, com abatimentos de  $30 \pm 10\text{mm}$ ,  $60 \pm 10\text{mm}$  e  $100 \pm 20\text{mm}$  verificam-se que os coeficientes de correlação ( $r^2$ ) das expressões representadas por uma reta, são muito próximos aos obtidos quando se utiliza uma expressão polinomial grau 2.

A figura 4.17 mostra a curva representativa da lei de Lyse quando estas são expressas por uma equação de reta e por uma equação polinomial de grau 2, representando os concretos convencionais pertencentes à família AM-1 (concretos confeccionados com areia média, brita 1 e abatimentos  $30 \pm 10\text{mm}$ ,  $60 \pm 10\text{mm}$  e  $100 \pm 20\text{mm}$ ).



**FIGURA 4.17** – Avaliação comparativa do comportamento da lei de Lyse quando expressa por uma equação de reta ou por uma equação polinomial de grau 2

**4.5.5 – Avaliação de custos para algumas misturas obtidas por meio dos ábacos de dosagens**

O consumo de cimento é um dos parâmetros que usualmente se utiliza na estimativa de custos das misturas de concreto. Desta forma, o diagrama de dosagem proposto pelo Método IPT/EPUSP, possibilita a avaliação do custo em função do comportamento mecânico (consumo de cimento (C) x resistência à compressão ( $f_{c28}$ )) utilizando-se o 4º quadrante do referido diagrama.

Este recurso foi utilizado nesta pesquisa para uma condição teórica e simulada, conforme mostrado nas tabela 4.18 e 4.19. Naquele caso a simulação apontou uma redução no consumo de cimento por metro cúbico de concreto em até 5% quando se utiliza concretos confeccionados com areia média, comparados com os produzidos com areia fina.

Esta diferença é mais significativa quando se comparam os concretos confeccionados com e sem aditivo plastificante do tipo P. Neste caso, a redução no consumo de cimento pode atingir até 14% dependendo do tipo de agregado utilizado, conforme mostrado nas tabelas 4.20 e 4.21.

As simulações mostradas no item 4.5.3 apontaram no sentido de que o uso do aditivo plastificante promove alterações consumo dos materiais para misturas confeccionadas com uma mesma consistência. Desta forma, com a intenção de avaliar a interferência do aditivo no custo unitário do concreto, foram simuladas situações para misturas obtidas por meio das expressões matemáticas constantes nos ábacos de dosagem apresentados nas figuras 4.1 a 4.12, sob as quais foram estimados os custos dos materiais que constituem a mistura.

A simulação de custos dos materiais (aglomerante, agregados e aditivos) foi estimada para os concretos convencionais e aditivados, confeccionados com os mesmos agregados, abatimento fixado em  $60 \pm 10$ mm e resistência requerida aos 28 dias ( $f_{C28}$ ) estabelecidas em 20MPa, 30MPa e 40MPa. As conversões massa x volume foram feitas utilizando-se os dados da caracterização dos agregados constantes nas figuras 3.2 a 3.7. Um exemplo dos procedimentos de cálculo para a estimativa das misturas pode ser observado no item 4.4 desta pesquisa.

Os preços dos insumos (cimento Portland – CP II – Z – 32, areia lavada, pedra britada, aditivo plastificante tipo “P” e água) são os praticados na cidade de Maringá-PR e estão indexados à moeda americana. Os valores estimados para os custos das misturas para esta situação simulada são apresentados na tabela 4.23 e mostrados graficamente na figura 4.18

Observando-se os dados constantes na tabela 4.23 e na figura 4.18 verifica-se que, de uma forma geral, para a situação simulada, ocorre redução no custo unitário do concreto quando se comparam os concretos confeccionados com areia média com relação aos produzidos com areia fina. Está tendência se manifesta tanto para o caso dos concretos convencionais quanto para os aditivados.

A redução de custos para a produção de 1,0 metro cúbico de concreto aditivado com relação ao concreto convencional (sem aditivo plastificante), quando se leva em conta os preços dos insumos que compõem a mistura, segundo as condições impostas para essa simulação, pode variar de 2,5% a 6,0% dependendo do tipo de agregado e da resistência requerida pelo concreto aos 28 dias de idade. Esta porcentagem é inferior, quando comparada á redução que pode ocorrer quando se avalia o consumo de cimento por metro cúbico de concreto, mas ainda assim, os dados apontam no sentido de que ocorre economia quando se faz uso do aditivo plastificante.

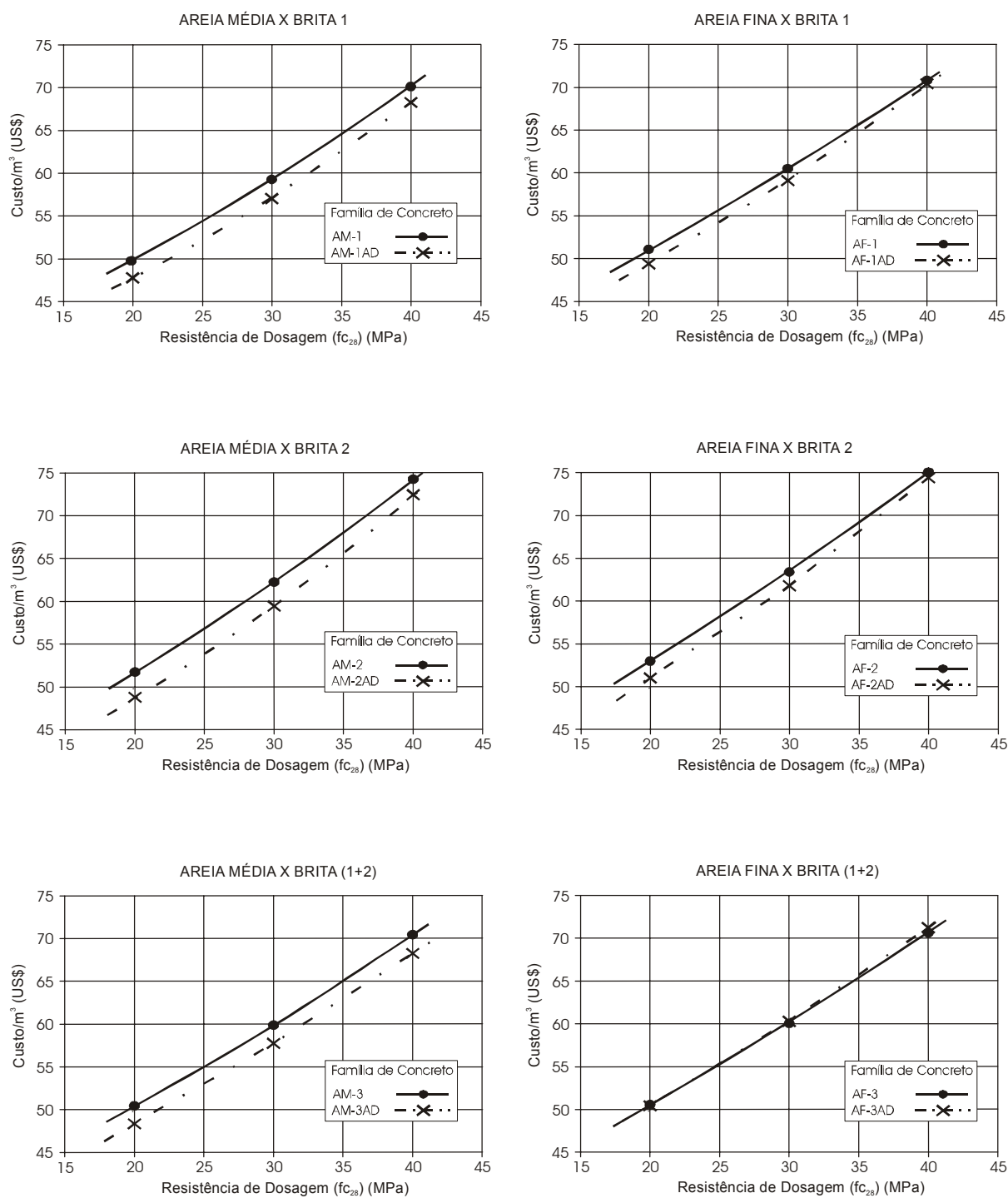
**TABELA 4.23** – Avaliação de custo por metro cúbico de concreto, para misturas confeccionadas com abatimento 60±10mm e resistências de dosagem fixadas em 20MPa, 30MPa e 40MPa

Famílias de Traços	f <sub>c28</sub> (MPa)	CONCRETO CONVENCIONAL					CONCRETO ADITIVADO						
		Traço Unitário (kg)			C (kg/m³)	CUSTO (US\$/m³)	Famílias de Traços	Traço Unitário (kg)				C (kg/m³)	CUSTO (US\$/m³)
		1,000	m	a/c				1,000	m	a/c	Adit.		
<b>AM-1</b>  Areia Média x Brita 1	20,0	1,000	8,092	0,719	244,9	<b>49,68</b>	<b>AM 1-AD</b>  Areia Média x Brita 1	1,000	8,953	0,727	0,003	222,9	<b>47,43</b>
	30,0	1,000	6,144	0,559	313,6	<b>59,30</b>		1,000	6,769	0,562	0,003	289,2	<b>57,07</b>
	40,0	1,000	4,767	0,446	391,1	<b>70,17</b>		1,000	5,221	0,445	0,003	366,4	<b>68,30</b>
<b>AM-2</b>  Areia Média x Brita 2	20,0	1,000	7,573	0,698	259,7	<b>51,74</b>	<b>AM 2-AD</b>  Areia Média x Brita 2	1,000	8,776	0,711	0,003	230,6	<b>48,78</b>
	30,0	1,000	5,695	0,534	334,7	<b>62,25</b>		1,000	6,442	0,537	0,003	304,8	<b>59,43</b>
	40,0	1,000	4,367	0,418	420,6	<b>74,26</b>		1,000	4,779	0,413	0,003	395,3	<b>72,44</b>
<b>AM-3</b>  Areia Média x Brita (1+2)	20,0	1,000	7,869	0,715	249,9	<b>50,48</b>	<b>AM 3-AD</b>  Areia Média x Brita (1+2)	1,000	8,359	0,675	0,003	236,7	<b>48,37</b>
	30,0	1,000	6,057	0,548	317,0	<b>59,91</b>		1,000	6,462	0,514	0,003	301,0	<b>57,78</b>
	40,0	1,000	4,767	0,429	392,0	<b>70,48</b>		1,000	5,119	0,400	0,003	372,7	<b>68,27</b>
<b>AF-1</b>  Areia Fina x Brita 1	20,0	1,000	7,589	0,745	254,8	<b>51,07</b>	<b>AF 1-AD</b>  Areia Fina x Brita 1	1,000	8,444	0,777	0,003	234,7	<b>49,37</b>
	30,0	1,000	5,849	0,565	322,0	<b>60,51</b>		1,000	6,303	0,592	0,003	303,1	<b>59,10</b>
	40,0	1,000	4,622	0,438	395,6	<b>70,82</b>		1,000	4,775	0,460	0,003	382,8	<b>70,42</b>
<b>AF-2</b>  Areia Fina x Brita 2	20,0	1,000	7,099	0,740	268,1	<b>53,00</b>	<b>AF 2-AD</b>  Areia Fina x Brita 2	1,000	7,996	0,751	0,003	245,5	<b>51,02</b>
	30,0	1,000	5,429	0,558	341,8	<b>63,41</b>		1,000	5,975	0,543	0,003	319,8	<b>61,80</b>
	40,0	1,000	4,245	0,429	424,6	<b>75,07</b>		1,000	4,568	0,396	0,003	406,8	<b>74,41</b>
<b>AF-3</b>  Areia Fina x Brita (1+2)	20,0	1,000	7,745	0,747	251,3	<b>50,61</b>	<b>AF 3-AD</b>  Areia Fina x Brita (1+2)	1,000	7,880	0,684	0,003	249,7	<b>50,45</b>
	30,0	1,000	5,960	0,578	318,8	<b>60,08</b>		1,000	6,040	0,532	0,003	317,6	<b>60,32</b>
	40,0	1,000	4,693	0,458	393,8	<b>70,64</b>		1,000	4,744	0,425	0,003	392,9	<b>71,26</b>

**OBSERVAÇÕES**

- 1 - Preço dos materiais pesquisados em Maringá-PR em 23/05/2003, com o Dólar cotado em **1US\$ = R\$2,920**;
- 2 - Os traços unitários e os consumos de cimento foram obtidos por meio das expressões matemáticas constantes nos ábacos de dosagem (figuras 4.1 a 4.12);
- 3 - Outras informações referentes às misturas podem ser obtidas nas tabelas A1-1 a A1-7 do anexo 7;





**FIGURA 4.18** – Simulação de custos unitários para concretos convencional e aditivado com Plastificante tipo P, e abatimento (ST) de 60±10mm

#### 4.5.6 – Avaliação da ação do aditivo plastificante na resistência e incorporação de ar nas misturas

Os aditivos plastificantes têm como uma das principais características proporcionar o aumento da fluidez da mistura tornando o concreto homogêneo, denso e mais trabalhável. Este tipo de aditivo atua como um agente dispersor entre as partículas de cimento e pode, especialmente os aditivos constituídos à base de lignosulfonato, apresentar algum efeito incorporador de ar nas misturas.

No caso desta pesquisa o aditivo plastificante foi adotado com a finalidade principal de avaliar o comportamento das misturas confeccionadas com e sem aditivo com relação ao consumo de cimento e resistência à compressão. Para se proceder essas comparações foram confeccionadas experimentalmente misturas com aditivo plastificante, mantendo-se constantes com relação às misturas sem aditivo a trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone, o teor de argamassa seca ( $\alpha$ ) e a relação água/cimento ( $a/c$ ). Estas misturas auxiliaram na definição dos ábacos de dosagem mostrados nas figuras 4.1 a 4.12 e foram produzidas com abatimento, medidos pelo tronco de cone, que se enquadram na faixa de  $30 \pm 10$ mm e  $60 \pm 10$ mm.

Este procedimento acarretou aumento no teor de agregado total ( $m$ ) da mistura aditivada. Desta forma, é procedente a avaliação da resistência à compressão e as variações do teor de ar incorporado e/ou aprisionado para estas misturas, considerando-se que os acréscimos de agregados, muito provavelmente, provocarão alterações no consumo de cimento por metro cúbico de concreto, que somados aos efeitos da incorporação de ar, poderão interferir na resistência à compressão. As figuras 4.18 e 4.19 mostram a configuração gráfica dos resultados obtidos e tabulados na tabela 4.24.

Observando-se estes dados verifica-se que os concretos aditivados, quando comparados com os concretos sem aditivo, de uma forma geral apresentaram acréscimos nos teores de ar incorporado e/ou aprisionados independentemente do tipo de agregado utilizado. Os acréscimos são pequenos, normalmente inferiores a 1% para o caso da areia fina e um pouco maiores para o caso das areias médias.

Quando se avalia a resistência à compressão observa-se que de uma forma geral, estas tiveram seus valores diminuídos se comparados com os obtidos para as misturas sem aditivo plastificante. No entanto essas diferenças são pequenas sendo, para a maioria das situações mostradas na tabela 4.24, menores que 2MPa, dependendo do consumo de cimento por metro cúbico do concreto.

**TABELA 4.24** – Avaliação comparativa do teor de ar incorporado e/o aprisionado para concretos convencionais e aditivados, confeccionados com areias fina e média

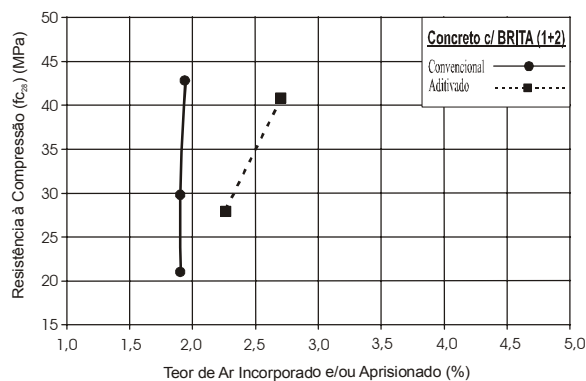
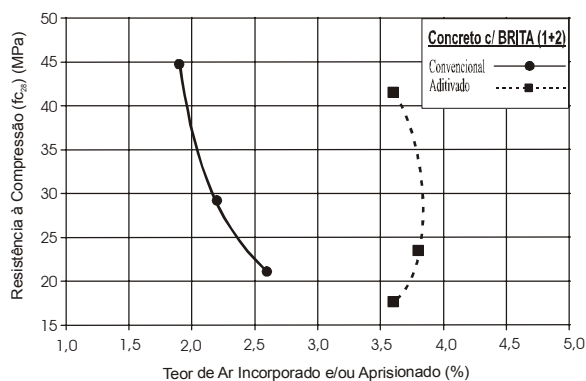
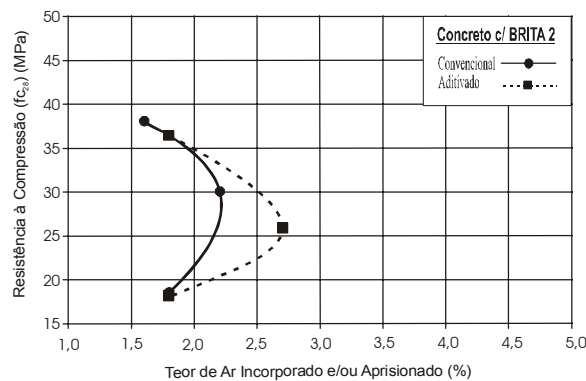
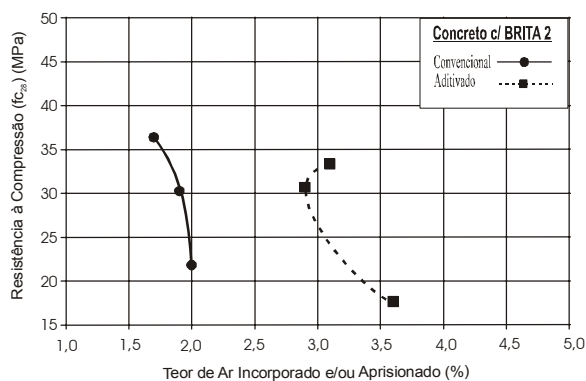
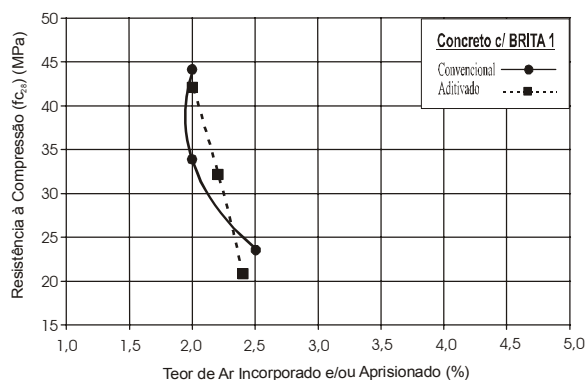
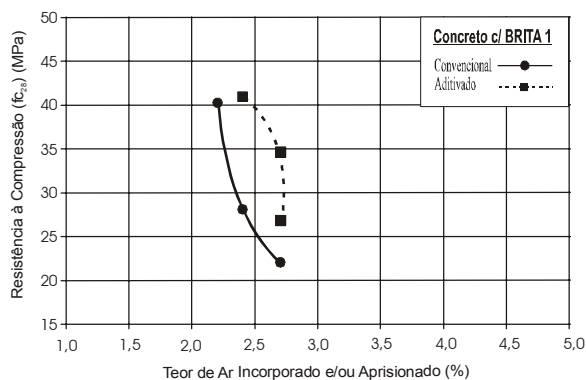
Agregado Miúdo	Slump Test	Agregado Graúdo	CONCRETO CONVENCIONAL						CONCRETO ADITIVADO (Plastificante tipo P)					
			$\alpha$	m	a/c	C	T <sub>ar</sub>	f <sub>C28</sub>	$\alpha$	m	a/c	C	T <sub>ar</sub>	f <sub>C28</sub>
			(%)	(kg)	(kg/kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(MPa)	(%)	(kg)	(kg/kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(MPa)
<b>AREIA FINA</b>	ST = 30 ± 10mm	Brita 1		7,504	0,676	257,6	<b>2,7</b>	<b>22,1</b>		7,504	0,680	260,1	<b>2,7</b>	<b>26,9</b>
			52	5,987	0,526	319,6	<b>2,4</b>	<b>28,2</b>	52	5,987	0,526	319,6	<b>2,7</b>	<b>34,7</b>
				4,502	0,432	406,6	<b>2,2</b>	<b>40,3</b>		4,721	0,432	392,2	<b>2,4</b>	<b>41,0</b>
		Brita 2		7,500	0,750	257,0	<b>2,0</b>	<b>21,8</b>		8,492	0,750	229,7	<b>3,6</b>	<b>20,2</b>
			51	5,993	0,561	319,4	<b>1,9</b>	<b>30,0</b>	51	6,809	0,561	286,9	<b>2,9</b>	<b>30,7</b>
				4,489	0,459	405,7	<b>1,7</b>	<b>36,3</b>		5,222	0,459	358,5	<b>3,1</b>	<b>33,3</b>
	Brita (1+2)		7,522	0,696	257,9	<b>2,6</b>	<b>21,1</b>		8,321	0,696	236,1	<b>3,6</b>	<b>17,7</b>	
		49	6,001	0,548	319,6	<b>2,2</b>	<b>29,2</b>	49	6,875	0,548	782,2	<b>3,8</b>	<b>23,5</b>	
			4,505	0,426	410,9	<b>1,9</b>	<b>44,7</b>		5,191	0,425	362,9	<b>3,6</b>	<b>41,5</b>	
	ST = 60 ± 10mm	Brita 1		7,464	0,720	258,8	<b>2,5</b>	<b>23,6</b>		7,712	0,720	253,3	<b>2,4</b>	<b>20,9</b>
			51	6,000	0,563	319,1	<b>2,0</b>	<b>33,9</b>	51	6,135	0,563	311,9	<b>2,2</b>	<b>32,2</b>
				4,505	0,445	405,5	<b>2,0</b>	<b>44,2</b>		4,505	0,445	407,6	<b>2,0</b>	<b>42,1</b>
Brita 2			7,518	0,795	253,9	<b>1,8</b>	<b>18,6</b>		8,270	0,795	237,4	<b>1,8</b>	<b>18,2</b>	
		52	6,000	0,587	314,9	<b>2,2</b>	<b>30,1</b>	52	6,737	0,589	287,7	<b>2,7</b>	<b>25,9</b>	
			4,512	0,471	403,3	<b>1,6</b>	<b>38,1</b>		5,081	0,471	369,2	<b>1,8</b>	<b>36,4</b>	
Brita (1+2)		7,475	0,729	259,6	<b>1,9</b>	<b>21,0</b>		6,769	0,573	290,0	<b>2,3</b>	<b>27,9</b>		
	50	5,993	0,574	317,3	<b>1,9</b>	<b>29,8</b>	50	4,859	0,445	380,9	<b>2,7</b>	<b>40,9</b>		
		4,495	0,446	406,2	<b>2,0</b>	<b>42,8</b>	-	-	-	-	-	-		
<b>AREIA MÉDIA</b>	ST = 30 ± 10mm	Brita 1		7,474	0,619	262,7	<b>3,3</b>	<b>22,1</b>		7,958	0,619	249,5	<b>3,7</b>	<b>26,1</b>
			50	5,994	0,524	324,2	<b>1,9</b>	<b>34,6</b>	50	6,392	0,524	307,1	<b>2,6</b>	<b>35,8</b>
				4,494	0,407	410,9	<b>2,3</b>	<b>41,5</b>		5,122	0,407	375,2	<b>2,5</b>	<b>41,0</b>
		Brita 2		7,475	0,667	265,7	<b>1,3</b>	<b>23,5</b>		8,801	0,667	225,7	<b>3,3</b>	<b>23,1</b>
			48	5,993	0,541	322,5	<b>1,6</b>	<b>32,4</b>	48	7,092	0,541	275,1	<b>2,6</b>	<b>29,2</b>
				4,495	0,431	413,3	<b>1,5</b>	<b>40,3</b>		4,837	0,431	345,0	<b>2,7</b>	<b>40,0</b>
	Brita (1+2)		7,505	0,636	264,8	<b>2,3</b>	<b>26,0</b>		8,971	0,636	224,3	<b>4,6</b>	<b>19,8</b>	
		50	6,015	0,506	323,4	<b>2,3</b>	<b>32,3</b>	50	7,316	0,506	277,9	<b>4,0</b>	<b>27,4</b>	
			4,497	0,395	416,0	<b>2,1</b>	<b>45,1</b>		4,506	0,395	391,0	<b>2,6</b>	<b>43,4</b>	
	ST = 60 ± 10mm	Brita 1		7,474	0,658	264,2	<b>2,1</b>	<b>22,4</b>		7,838	0,659	250,3	<b>3,6</b>	<b>23,2</b>
			50	5,994	0,548	321,5	<b>1,8</b>	<b>35,7</b>	50	7,000	0,548	281,6	<b>3,3</b>	<b>29,6</b>
				4,494	0,429	411,4	<b>1,9</b>	<b>42,0</b>		4,808	0,429	389,8	<b>2,4</b>	<b>43,5</b>
Brita 2			7,499	0,696	261,8	<b>1,5</b>	<b>21,8</b>		8,564	0,696	240,8	<b>2,8</b>	<b>20,1</b>	
		49	5,992	0,571	318,7	<b>1,8</b>	<b>28,4</b>	49	6,772	0,571	268,7	<b>2,2</b>	<b>27,5</b>	
			4,489	0,425	410,9	<b>1,8</b>	<b>40,9</b>		5,276	0,425	399,4	<b>2,2</b>	<b>37,6</b>	
Brita (1+2)		7,522	0,700	261,0	<b>2,1</b>	<b>21,9</b>		8,250	0,701	231,6	<b>3,4</b>	<b>21,1</b>		
	51	6,000	0,510	323,2	<b>2,2</b>	<b>32,6</b>	51	7,500	0,510	289,2	<b>3,8</b>	<b>30,4</b>		
		4,506	0,436	411,3	<b>1,6</b>	<b>38,0</b>		4,662	0,435	361,3	<b>2,7</b>	<b>37,6</b>		

**OBSERVAÇÕES**

- 1 - O valor do ar incorporado e/ou aprisionado (Tar) é a média dos valores obtidos através do método pressométrico (NBR NM 47/96) e método gravimétrico (NBR 9833/87) apresentados no Anexo 1.
- 2 - Outros dados dos traços estão relacionados nas tabelas A1-1 a A1-15 do Anexo 1.

**AREIA FINA - Abatimento (ST) 30±10mm**

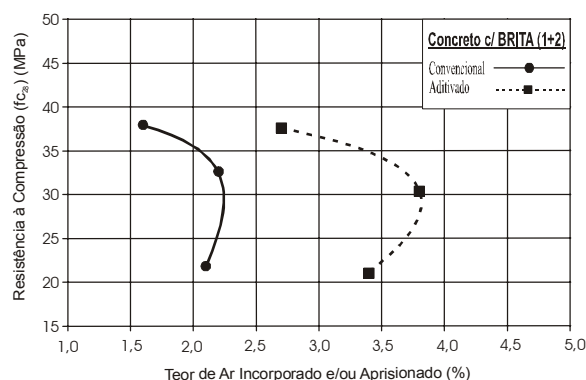
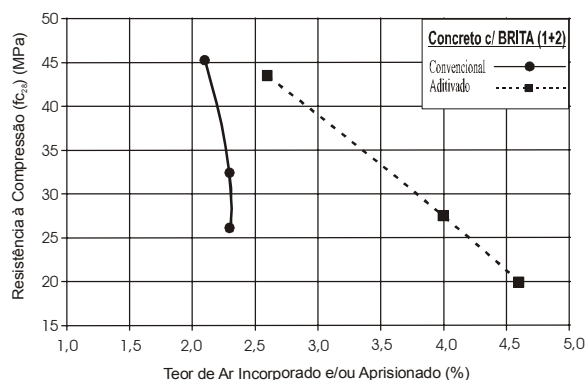
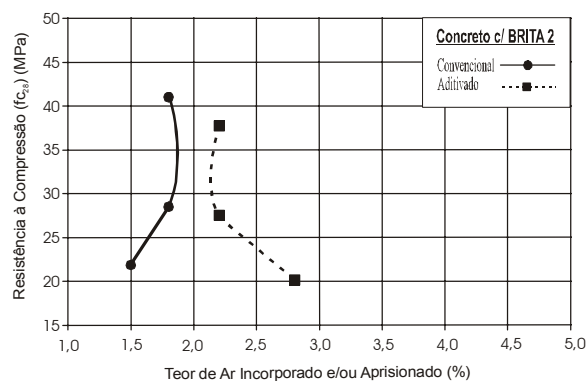
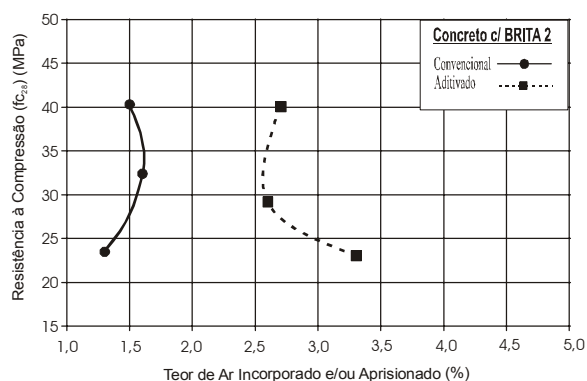
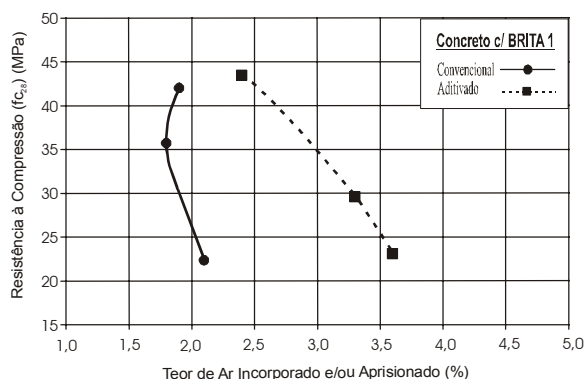
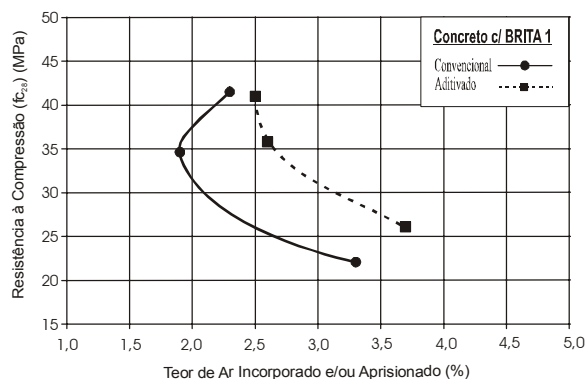
**AREIA FINA - Abatimento (ST) 60±10mm**



**FIGURA 4.19** – Avaliação do teor de ar incorporado e/ou aprisionado para concretos convencionais e aditivados confeccionados com areia fina e abatimentos de 30±10mm e 60±10mm

**AREIA MÉDIA - Abatimento (ST) 30±10mm**

**AREIA MÉDIA - Abatimento (ST) 60±10mm**



**FIGURA 4.20** – Avaliação do teor de ar incorporado e/ou aprisionado para concretos convencionais e aditivados confeccionados com areia média e abatimentos de 30±10mm e 60±10mm

#### 4.5.7 – Os ábacos e a metodologia UEM de dosagem de concreto

Martins & Assunção (1998) conforme mostrado no item 2.2.3.3, propõem a metodologia de dosagem UEM para concretos convencionais inserindo um parâmetro identificado por MFm (Módulo de Finura da Mistura de agregados) obtido por meio de dados experimentais extraídos de 34 estudos de dosagens de concretos convencionais realizados pelo Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá. As dosagens que serviram de referência para a tabulação dos dados apresentavam as seguintes características:

- a) Resistência requerida aos 28 dias de idade ( $f_{c28}$ ).....25±7MPa
- b) Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (C) .....345±55kg/m<sup>3</sup>
- c) Abatimento pelo tronco de cone (ST).....70±10mm
- d) Relação água/cimento (a/c).....0,60±0,11kg/kg

O método UEM estabelece um traço piloto, utilizando para tal as expressões matemáticas mostradas nas equações (34) a (38), para os materiais disponíveis. Conhecidas as características do traço piloto ( $\alpha$ ), (H) e (C) determina-se outros dois traços auxiliares mantendo-se constantes os consumos do agregado gráudo/m<sup>3</sup> (Cp) e da água/m<sup>3</sup> (Cag) e fazendo a variação do consumo de cimento/m<sup>3</sup> (C) em ±50kg com relação ao consumo do traço piloto (acrécimo de 50kg para o traço rico e diminuição de 50kg para o traço pobre). Desta forma, conhecida as características dos três traços (piloto e auxiliares) definem-se o diagrama de dosagem.

Relacionar os ábacos de dosagem à metodologia da UEM só é possível na interface de suas concepções à medida que ambos procedimentos têm base eminentemente experimental. Assim, é conveniente apontar algumas diferenças básicas entre os ábacos e o método UEM de dosagem, dentre as quais se destacam:

- a) O ábaco de dosagem permite o estabelecimento imediato de misturas que provavelmente necessitarão de pequenos ajustes, especialmente em função de diferenças que ocorrerão nas características dos materiais utilizados;
  - b) A metodologia UEM facilita a obtenção do traço piloto à medida que faz utilização de expressões matemáticas vinculadas às características dos materiais disponíveis. No entanto, há necessidade de manter os demais procedimentos experimentais (confecção dos traços auxiliares e do diagrama de dosagem) para a obtenção da mistura desejada;
  - c) Os ábacos foram determinados para trabalhabilidades, avaliadas por meio do abatimento do tronco de cone, que abrangem abatimentos de 30+10mm a 100+20mm. A metodologia UEM de dosagem é recomendada para concretos com abatimentos que se situam na faixa de 70+10mm;
  - d) A metodologia UEM, na definição das expressões matemáticas que caracterizam os principais parâmetros da mistura ( $\alpha$  e H), não faz menção sobre o uso de aditivos no concreto.
-

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 – Conclusões

Seria caminhar nas linhas da redundância justificar o uso do concreto de Cimento Portland na indústria da construção civil atualmente no Brasil. Este é um dos poucos consensos enquanto material de construção. Ele está sempre presente, independentemente das condições econômicas do país.

Não é necessário relacionar as qualidades deste material. No entanto, apesar do uso consagrado, o seu proporcionamento ainda merece estudos, uma vez que conhecer os fatores que afetam suas características de resistência e durabilidade pode proporcionar avanços tecnológicos e economia, agregando valor ao produto final.

É na busca de agregar conhecimento, no que se refere ao proporcionamento adequado do concreto, especialmente para o caso das misturas produzidas em pequenos e médios canteiros que se desenvolveu esta pesquisa. A obtenção dos ábacos de dosagem, determinados experimentalmente, pode representar um passo significativo no sentido de proporcionar ao pequeno e médio construtor o estabelecimento de traços de concretos previamente ajustados, necessitando por parte dos engenheiros, somente pequenos ajustes comuns a qualquer método de dosagem.

Por sinal, neste trabalho foi possível conhecer as características básicas de pelo menos 5 métodos de dosagem de concreto utilizados no Brasil. Na pesquisa, no que se refere à etapa experimental, utilizou-se o método de dosagem IPT / EPUSP. Neste ponto é interessante salientar que apesar da praticidade e a relativa facilidade com a qual se definem as características fundamentais de uma determinada família de traços, o método apresentou alguns aspectos inadequados com relação a esta pesquisa, especialmente com relação à necessidade da experiência de quem está à frente do estudo de dosagem e o uso de traços que conduzem a misturas com altos teores de cimento por metro cúbico de concreto.

Por ser seja eminentemente experimental, este método exige que no desenvolvimento das várias etapas experimentais, quem está à frente do estudo de dosagem tenha alguma experiência na confecção de concretos, e isso pode ser um agente complicador. Um exemplo disso é a definição do teor de argamassa seca ( $\alpha$ ) do traço piloto. Com relação aos procedimentos básicos sugeridos originalmente pelo método, pelo menos um deles se mostrou inadequado para os materiais da região noroeste do Paraná.

Pode-se verificar experimentalmente neste trabalho que os traços sugeridos pelo método IPT/EPUSP para a definição dos diagramas de dosagem, ((1,0 : 5,0)kg, (1,0 : 3,5)kg e (1,0 : 6,5)kg) conduzem a misturas com elevados consumos de cimento e, conseqüentemente, elevados valores de resistência à compressão. Em decorrência disso, os experimentos ficaram condicionados às limitações impostas pelos equipamentos disponíveis para os ensaios. Questões relacionadas à prensa hidráulica (Modelo MUE-100/EMIC) com capacidade de carga de até 100 toneladas-força e o tipo de fôrmas metálicas ( $\phi 15 \times 30$ cm), foram fatores preponderantes para que se adotasse na

---

pesquisa os traços (1,0 : 6,0)kg, (1,0 : 4,5)kg e (1,0 : 7,5)kg. Estes traços apresentaram resistências que não colocaram em risco a integridade do equipamento de ensaio. O laboratório não dispunha de fôrmas com dimensões ( $\phi 10 \times 20$ cm) à disposição para os ensaios.

Uma outra questão se refere ao uso três misturas para a definição das curvas de comportamento para os quadrantes do diagrama de dosagem proposto pelo método. Esta quantidade de misturas fornece uma boa correlação estatística ( $r^2$ ) para os experimentos, apresentando baixos coeficientes de variação, especialmente para os valores obtidos nas correlações para as leis de Lyse (1° quadrante) e Abrams (2° quadrante).

Embora reconhecendo que o uso de três misturas fornece bons parâmetros na definição das curvas do diagrama de dosagem, para o caso desta pesquisa foram utilizadas cinco ou seis misturas para definir os diagramas de dosagem para cada tipo de agregado e abatimento especificado para o concreto. Três destes pontos (traço piloto e auxiliares) foram os sugeridos pelo método e permitiram a traçado da curva de comportamento no quadrante de interesse, enquanto que os outros três pontos (traços de referência) foram obtidos por meio de misturas confeccionadas tomando como base as informações preliminares fornecidas pelo diagrama confeccionado com três pontos. As curvas finais do diagrama de dosagem, representativo de uma determinada família de concreto foram obtidas por meio das correlações matemáticas reunindo todas as misturas envolvidas no processo experimental.

Este procedimento parece, em um primeiro momento, oneroso e dispendioso em termos de estudo de dosagem. No entanto, se mostrou eficiente à medida que permitiu, além da obtenção de melhores respostas em termos de coeficiente de correlação estatística ( $r^2$ ) para as curvas do diagrama de dosagem, ratificar a representação da lei de Lyse por uma equação de reta.

Dafico (1997) sugere a representação da lei de Lyse por uma equação parabólica de grau 2. Em comparações feitas nesta pesquisa foi possível observar que está sugestão é válida. Porém o fato de representar esta lei por meio de uma equação de reta não conduz a distorções significativas nos parâmetros das misturas, pelo menos quando se comparam os coeficientes de correlação estatística para as duas situações. Assim, os resultados obtidos experimentalmente, para os materiais avaliados, indicaram que a lei de Lyse pode ser representada tanto por uma equação de reta quanto por uma equação parabólica de grau 2.

A literatura salienta as diferenças nas misturas de concreto quando se usa agregado de granulometrias diferentes das concebidas originalmente para os traços de concreto. Alterações na resistência mecânica e na consistência são conseqüências imediatas destas alterações.

Pode se observar, por meio da simulação feita no item 4.5.3 desta pesquisa, utilizando as expressões analíticas definidas para os ábacos de dosagem e fixando-se uma faixa de valores para a relação água/cimento de 0,45 a 0,70 e abatimento de  $60 \pm 10$  mm, que o fato de utilizar diferentes britas para um mesmo tipo de areia não altera significativamente as qualidades da mistura no aspecto da resistência e consumo de cimento para uma mesma consistência e relação água/cimento.



Para um mesmo tipo de areia, no caso dos concretos convencionais (sem aditivo Plastificante do tipo P), as diferenças de resistência encontradas são muito pequenas, situando-se em sua maioria, na faixa de 5%. Há de se levar em conta que essas diferenças ainda devem ser avaliadas sob aspecto de que estes valores de resistência são resultados sujeitos a todos os erros decorrentes dos procedimentos de ensaios (moldagem, cura dos corpos-de-prova, aferição e precisão de equipamentos entre outros).

Quando se avaliam e comparam concretos convencionais (sem aditivo Plastificante) confeccionados com areia média e os concretos produzidos com areia fina para um mesmo tipo de agregado graúdo, observa-se que as diferenças entre o consumo de cimento por metro cúbico de concreto e os valores de resistência são mais significativos, variando de 5% a 10%. Essas diferenças, apesar de consideráveis, não inviabilizam o uso da areia fina ou da areia média ainda mais se levado em conta que o aumento de consumo de cimento por metro cúbico de concreto, na maioria das situações simuladas, veio acompanhado de aumento na resistência à compressão.

De fato, diferenças significativas no consumo de cimento, para a faixa de relação água/cimento adotada na simulação, poderão ser obtidas quando se faz uso do aditivo plastificante. Nesses casos, pode-se reduzir o consumo de cimento em até 14% com relação aos concretos sem aditivo, dependendo do tipo de agregado utilizado.

A redução no consumo de cimento, na maioria das situações é uma condição determinante quando se faz a comparação entre os concretos com e sem aditivo, especialmente nas situações onde as misturas apresentam a mesma consistência e relação água/cimento. Ainda utilizando a simulação apresentada no item 4.5.3, foi feita uma avaliação do custo por metro cúbico de concreto quando se consideram os insumos (cimento, areia, pedra britada, água e aditivo) para misturas confeccionadas com e sem aditivo plastificante. Nesse caso, a simulação mostrou que pode ocorrer uma redução no custo unitário do concreto em até 6%. O uso do aditivo plastificante, em função dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode ser uma boa alternativa quando se deseja reduzir custos na produção do concreto.

Saindo do campo da simulação, mas ainda avaliando o uso do aditivo plastificante, é interessante observar a relação entre o uso do aditivo e a incorporação do ar na mistura. O aditivo plastificante, especialmente os constituídos à base de lignosulfonatos podem melhorar a trabalhabilidade da mistura por meio da incorporação de ar e, em consequência, pode ocorrer a diminuição da resistência à compressão do concreto. Os experimentos feitos com misturas confeccionadas com e sem aditivo, mostradas na tabela 4.24 permite uma avaliação da influência do ar aprisionado e/ou incorporado nas misturas.

Os resultados obtidos experimentalmente mostram que ocorreram aumentos nos teores de ar aprisionado e/ou incorporado que variam de 1% a 1,5% dependendo do tipo de agregado, para as misturas confeccionadas com aditivo quando comparadas com as sem aditivo. Observando as figuras 4.19 e 4.20 pode se verificar que as diferenças entre os valores de resistência são menores, pelo menos para a maioria das situações, para os concretos confeccionados com aditivo. Considerando que as misturas apresentaram os mesmos valores para a relação água/cimento e

resguardadas as variações de resultados decorrentes dos procedimentos de ensaios, as reduções observadas nos valores de resistência indicam que pode ter ocorrido incorporação de ar nas misturas, especialmente para as faixas de menores consumos de cimento.

Os ábacos de dosagem foram obtidos a partir de procedimentos eminentemente experimentais, utilizando os materiais da região noroeste do Paraná (areia lavada, natural, quartzosa e pedra britada de basalto). Este fato possibilita ao usuário dos ábacos na região, dispor de misturas com boas possibilidades de uso sem a necessidade de grandes ajustes em canteiro. Neste ponto é importante salientar as recomendações da norma NBR 6118/2003 no que se refere ao concreto com vistas à durabilidade das estruturas de concreto.

Salientando alguns aspectos construtivos, esta norma é taxativa quando recomenda valores máximos para a relação água/cimento em função do tipo de concreto e classe de agressividade do meio. Para o caso dos componentes e elementos estruturais de concreto armado, esta norma recomenda que os concretos sejam dosados para atenderem a classe de resistência maiores ou iguais a 20MPa, com relação água/cimento máximo de 0,65kg/kg, mantidos os consumos de cimento mínimos estabelecidos pela norma 12655.

Desta forma, é prudente que o usuário dos ábacos de dosagem tome como referência estes limites estabelecidos pela norma NBR 6118/2003 no que se refere à classe de resistência do concreto e os valores máximos para a relação água/cimento, ainda mais se considerado que o uso de baixos valores para relação água/cimento reduz a carbonatação e, por conseqüência, seus efeitos deletérios na estrutura de concreto.

Os experimentos conduziram a misturas com teores de argamassa seca ( $\alpha$ ) que variam de 48% a 52% dependendo do tipo de agregado utilizado. São teores muito próximos aos obtidos, por exemplo, por meio do método UEM de dosagem. No entanto, os ábacos de dosagem podem ser considerados mais eficientes à medida que proporcionam misturas com teores de cimento por metro cúbico inferiores quando comparados com os obtidos pelas misturas fornecidas pelo Método UEM de dosagem sem contar as diferenças relacionadas no item 4.5.7 deste estudo.

Guardadas as limitações recomendadas pela norma NBR 6118/2003, os experimentos demonstram que os ábacos de dosagem podem ser uma boa ferramenta para a estimativa de misturas que conduzam a concretos de boa qualidade para materiais similares aos utilizados nessa pesquisa. A facilidade na estimativa dos parâmetros teor de argamassa seca ( $\alpha$ ), teor de agregado total ( $m$ ) e consumo de cimento por metro cúbico ( $C$ ), não faz dos ábacos substitutos do estudo de dosagem utilizando um método de uso consagrado. No entanto, eles podem ser muito úteis na definição dos parâmetros iniciais da dosagem à medida que abrange uma faixa razoável de trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone, e de resistência à compressão.

Os ábacos de dosagem facilitam em muito os procedimentos experimentais de dosagem. No entanto, deve-se ressaltar que foram definidos com tipos específicos de agregados necessitando, portanto, a verificação de sua eficiência quando utilizados com materiais e condições muito diferenciadas das utilizadas nesta pesquisa.

---

## 5.2 – Sugestões para futuras pesquisas

Os ábacos de dosagem são resultados de uma série de informações e procedimentos experimentais que culminaram com curvas que mostram graficamente, o comportamento para os tipos de concretos pesquisados. Estas curvas provavelmente necessitarão de alguns ajustes para fornecerem traços que atendam às especificações básicas definidas para um determinado tipo de concreto, principalmente quando se fizer uso de materiais que apresentem características muito diferenciadas dos materiais utilizados nessa pesquisa.

Este estudo desenvolveu-se em torno de um determinado tipo de material, especificamente os encontrados na região noroeste do Paraná e distribuídos na cidade de Maringá-PR. Desta forma, recomendamos para estudos posteriores as seguintes pesquisas:

- 1° – Desenvolver experimentalmente novos traços utilizando os ábacos de dosagem, com outros materiais que apresentem diferentes características dos utilizados nesta pesquisa, especialmente no que se refere às areias e ao tipo do cimento;
- 2° - A resistência à compressão, avaliada em corpos-de-prova cilíndricos foi o parâmetro fundamental para a definição dos ábacos de dosagem. No entanto, este é um parâmetro sujeito a muitos fatores que podem interferir no resultado final do ensaio. Assim, será importante verificar a eficiência destas curvas, principalmente sob os aspectos relacionados à durabilidade do concreto sob a ótica de outros ensaios, dentre os quais podemos relacionar:
  - Avaliação do módulo de elasticidade do concreto;
  - Avaliação da permeabilidade da água e capilaridade
  - Avaliação da absorção da água
- 3° - Novos estudos no sentido de avaliar a influência do teor de argamassa seca ( $\alpha$ ) da mistura nos parâmetros da resistência mecânica e consumo de cimento por metro cúbico de concreto. Este pode ser o primeiro passo no sentido de determinar um procedimento menos experimental e mais científico para se definir o teor ótimo ou ideal de argamassa no concreto.

## 6 – FONTES BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5742**: CIMENTO PORTLAND: ANÁLISE QUÍMICA DO CIMENTO PORTLAND – Processos de arbitragem para a determinação de dióxido de silício, óxido férrico, óxido de alumínio, óxido de cálcio e óxido de magnésio. Rio de Janeiro, 1974.
  2. \_\_\_\_\_. **NBR 5743**: CIMENTO PORTLAND – Determinação da perda ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.
  3. \_\_\_\_\_. **NBR 5744**: CIMENTO PORTLAND – Determinação do enxofre na forma de sulfeto. Rio de Janeiro, 1991.
  4. \_\_\_\_\_. **NBR 5746**: CIMENTO PORTLAND – Determinação do resíduo insolúvel. Rio de Janeiro, 1989.
  5. \_\_\_\_\_. **NBR 5747**: CIMENTO PORTLAND – Determinação de óxido de sódio e óxido de potássio por fotometria de chama. Rio de Janeiro, 1989.
  6. \_\_\_\_\_. **NBR 6118**: PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
  7. \_\_\_\_\_. **NBR 6467**: AGREGADOS – Determinação do inchamento do agregado miúdo. Rio de Janeiro, 1987.
  8. \_\_\_\_\_. **NBR 7211**: AGREGADOS PARA CONCRETO- Especificação. Rio de Janeiro, 1983.
  9. \_\_\_\_\_. **NBR 7215**: CIMENTO PORTLAND: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1994.
  10. \_\_\_\_\_. **NBR 7217**: AGREGADOS – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
  11. \_\_\_\_\_. **NBR 7227**: CIMENTO PORTLAND – Determinação de óxido de cálcio livre pelo etileno glicol. Rio de Janeiro, 1990.
  12. \_\_\_\_\_. **NBR 7251**: AGREGADO EM ESTADO SOLTO – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
  13. \_\_\_\_\_. **NBR 7809**: AGREGADOS GRAUDOS – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro, 1983.
  14. \_\_\_\_\_. **NBR 7810**: AGREGADO EM ESTADO COMPACTADO SECO – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1987.
  15. \_\_\_\_\_. **NBR 9776**: AGREGADOS – Determinação da massa específica de agregado miúdo por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
  16. \_\_\_\_\_. **NBR 9777**: AGREGADOS – Determinação da absorção de água em agregados miúdos. Rio de Janeiro, 1987.
-

17. \_\_\_\_\_. **NBR 9833**: CONCRETO FRESCO: Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico.
  18. \_\_\_\_\_. **NBR 9937**: AGREGADOS – Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1987.
  19. \_\_\_\_\_. **NBR 9939**: AGREGADOS – Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1987.
  20. \_\_\_\_\_. **NBR 11579**: CIMENTO PORTLAND: Determinação da finura por meio da peneira 75 $\mu$ m (n° 200). Rio de Janeiro, 1991.
  21. \_\_\_\_\_. **NBR 11580**: CIMENTO PORTLAND – Determinação da água da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 1991.
  22. \_\_\_\_\_. **NBR 11581**: CIMENTO PORTLAND – Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, 1991.
  23. \_\_\_\_\_. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.
  24. \_\_\_\_\_. **NBR 12655**: – CONCRETO – Preparo, Controle e Recebimento. Rio de Janeiro, 1996.
  25. \_\_\_\_\_. **NBR NM 23**: CIMENTO PORTLAND E OUTROS MATERIAIS EM PÓ: Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1998.
  26. \_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: AGREGADOS – Determinação da massa unitária e dos espaços vazios. Rio de Janeiro, 2000.
  27. \_\_\_\_\_. **NBR NM 47**: CONCRETO FRESCO: Determinação do teor de ar do concreto fresco pelo método pressométrico. Rio de Janeiro, 1994.
  28. \_\_\_\_\_. **NBR NM 51**: AGREGADOS GRAÚDOS – Ensaio de abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2000.
  29. \_\_\_\_\_. **NBR NM 67**: CONCRETO – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1994.
  30. \_\_\_\_\_. **NBR NM 76**: CIMENTO PORTLAND E OUTROS MATERIAIS EM PÓ – Determinação da finura através do Permeabilímetro de Blaine. Rio de Janeiro, 1998.
  31. BASILIO, Eduardo Santos. Considerações gerais sobre a dosagem do concreto. In: **Colóquio sobre dosagem de concreto**. – Considerações gerais sobre a dosagem do concreto. Maio de 1977, São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1977.
  32. \_\_\_\_\_, Eduardo Santos. Dosagem de Concretos Especiais. In: **Colóquio sobre dosagem de concreto**. Maio de 1977, São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1977.
  33. BASILIO, Francisco de Assis. **Durabilidade dos Concretos – Permeabilidade – Corrosão Eletrolítica**. 2ª Ed. São Paulo. ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1973.
-

34. BOGGIO, Aldo J. **Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concreto**. Dez, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS, Porto Alegre.
  35. BOTTER, Ricardo R. **Investigação do Nível de Deterioração de Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso no Campus da Universidade Estadual de Maringá**. Outubro, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.
  36. CAMARGO, Wander M. Fixação na Dosagem das Propriedades Finais dos Concretos – Correlação entre as propriedades de composição do concreto fresco e das propriedades tecnológicas do Concreto endurecido. In: **Colóquio sobre Dosagem de Concreto**. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1977.
  37. CARNEIRO, Luiz Lobo B. **Dosagem de Concretos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 1953.
  38. COLLEPARDI, Mario; Tango, Carlos E. S; UEMOTO, Kai Loh; HELENE, Paulo R. L. **Tecnologia de Aditivos**. Vol I. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Edificações, 1983.
  39. **CONCRETO DOSADO EM CENTRAL: Tecnologia e Qualidade**. Tecnologia do Concreto Armado em Notícias – Informativo Técnico: ABCP – ABESC – IBRACON- IBTS. São Paulo, Ano 4, nº 10, p. 6-7, Março 2001.
  40. DAFICO, Dario de Araújo. **Contribuição ao Estudo da Dosagem do Concreto de Cimento Portland**. Maio, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.
  41. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER – **ME 89-64: Avaliação da durabilidade de agregado pelo empenho de solução de sulfato de sódio**. Rio de Janeiro, 1962.
  42. GIAMMUSSO, Salvador E. **Manual do Concreto**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 1992.
  43. \_\_\_\_\_, Salvador Eugênio. **Preparo do Concreto. ET – 42**. 1ª Edição. São Paulo: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 1981.
  44. HELENE, Paulo Roberto L. **Contribuição ao Estabelecimento de Parâmetros para Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, EPUSP, São Paulo, 1987.
  45. \_\_\_\_\_, Paulo Roberto L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, EPUSP, São Paulo, 1993.
  46. HELENE, Paulo Roberto L; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle de concreto**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 1993.
-

47. LEVY, Salomon; HELENE, Paulo Roberot L. Cura, Como, Quando e Por quê. **Téchne – Revista de Tecnologia e Negócios da Construção**, São Paulo: n° 20, p.18-21, Jan/Fev. Editora Pini, 1994.
  48. MARTINS, Daniel das Neves; ASSUNÇÃO, José Wilson. Desenvolvimento de uma Metodologia de Dosagem de Concretos – Método UEM. In anais: **ENTAC 98 – VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Florianópolis-SC. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
  49. MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO Paulo J. Melaragno. **Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 1992.
  50. MOORE, Davids. **A Estatística Básica e sua Prática**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 2000. Trad. Alfredo Alves de Farias.
  51. MURDOCK, L. John; BROOK, K. Malcolm. **Concrete Materials and Practice**. Fifth Edition. Edward Arnold Publishers, 1979.
  52. PETRUCCI, Eládio G, Requião. **Concreto de Cimento Portland**. 6ª Ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1979.
  53. NEVILLE, Adam Mattew. **Propriedades do Concreto**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, Tradução Salvador Eugênio Giammusso, 1997.
  54. PERDRIX, Maria Del C. A. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armadura**. Trad. e Adapt. Antonio Carmona e Paulo Helene. 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 1992.
  55. PRISZKULNIK, Simão. Aspectos reológicos do concreto fresco e sua dosagem – Métodos ACI e ITES. In: **Colóquio sobre dosagem do concreto**. Maio de 1977, São Paulo. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto, 1977.
  56. PRUDÊNCIO JUNIOR, Luiz Roberto. **Tecnologia do Concreto de Cimento Portland**. Notas de Aula. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
  57. RODRIGUES, Publio Penna Firme. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. ET-67. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.
  58. SILVA, Moema R. **Materiais de Construção**. 2ª Ed. rev. São Paulo: Editora Pini Ltda, 1991.
  59. SISTEMA RODOVIÁRIO ESTADUAL – Governo do Estado do Paraná. Secretaria dos Transportes. Departamento de Estradas e Rodagem (DER - Pr.), 1987.
  60. SOBRAL, Hernani Sávio. **Dosagem Experimental dos Concretos**. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1980.
  61. \_\_\_\_\_, Hernani Sávio. **Propriedades do Concreto Fresco**. 4ª Ed. rev. São Paulo: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 1990.
-

- 
62. \_\_\_\_\_, Hernani Sávio. **Reologia e Trabalhabilidade dos Concretos**. 2ª Ed. rev. São Paulo: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 1990.
  63. TANGO, Carlos E. de Siqueira. Estruturas de Concreto. **Revista Técnica – Revista de Tecnologia da Construção**, nº 2, Jan/Fev. São Paulo: Editora Pini, 1993.
  64. \_\_\_\_\_, Carlos E. de Siqueira. Mistura sem mistério. **Técnica – Revista de Tecnologia da Construção**, nº 4, Maio/Jun. São Paulo: Editora Pini, 1993.
  65. TARTUCE, Ronaldo. **Dosagem Experimental do Concreto**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 1989.
-



## **7 – ANEXOS**

- 7.1 – ANEXO 1** – Características físicas e mecânicas dos concretos convencionais e aditivados confeccionados com areia média, fina, brita 1, brita 2 e brita 1+brita 2
- 7.2 – ANEXO 2** – Diagramas de dosagem para os concretos convencionais (ST  $30\pm 10\text{mm}$ , ST  $60\pm 10\text{mm}$  e ST  $100\pm 20\text{mm}$ ) e aditivados (ST  $30\pm 10\text{mm}$  e ST  $60\pm 10\text{mm}$ ) confeccionados com areia média, fina, brita 1, brita 2 e brita 1+brita 2.
- 7.3 – ANEXO 3** – Tabelas resumos das expressões analíticas das leis de Abrams, Lyse, Molinari e 4° Quadrante determinadas pelo método dos mínimos quadrados, para o caso dos ábacos de dosagem.
- 7.4 – ANEXO 4** – Alguns ensaios de caracterização de amostras de agregados da região.
- 7.5 – ANEXO 5** – Alguns exemplos de traços determinados por meio do Ábaco de dosagem.
- 7.6 – ANEXO 6** – ANÁLISE ESTATÍSTICA – Comparações entre funções lineares transformadas para as leis de Abrams, Lyse, Molinari e 4° Quadrante.
- 7.7 – ANEXO 7** – SIMULAÇÃO DE CUSTOS – Avaliação de custos das misturas determinadas pelo ábaco de dosagem.
- 
-

### 7.1 – ANEXO 1

Características físicas e mecânicas dos concretos convencionais e aditivados confeccionados com areia média, fina, brita 1, brita 2 e brita 1+brita 2

---

**TABELA A1-1** : Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1	
			FINA	MÉDIA		
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	19,0	
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,000	
- Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		3,090	2,634	2,642	2,859	

		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES</b>							
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,424	2,632	1,860	3,237	2,497	1,747
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,080	3,355	2,642	4,237	3,497	2,747
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,504</b>	<b>5,987</b>	<b>4,502</b>	<b>7,474</b>	<b>5,994</b>	<b>4,494</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	44,0	41,3	43,3	41,7	38,9
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,676</b>	<b>0,526</b>	<b>0,432</b>	<b>0,619</b>	<b>0,524</b>	<b>0,407</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		7,949	7,528	7,852	7,305	7,492	7,408
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,1 12,3	16,2 18,3	27,4 28,5	14,6 16,0	19,9 20,6	31,4 32,0
	07 Dias	15,5 16,0	21,3 22,3	30,9 34,4	17,3 17,3	22,7 24,0	34,9 35,1
	28 Dias	21,2 22,1	27,3 28,2	40,3 40,3	23,5 25,5	32,7 34,6	40,9 41,5
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	268,3	330,9	419,1	274,0	331,6	425,0
	Experimental	<b>257,6</b>	<b>319,6</b>	<b>406,6</b>	<b>262,7</b>	<b>324,2</b>	<b>410,9</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,3	1,4	1,3	2,5	1,5	1,3
	Mét gravimétrico	4,0	3,4	3,0	4,1	2,2	3,3
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,463	2,486	2,487	2,491	2,493	2,508
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,365	2,401	2,413	2,389	2,437	2,425

		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF<sub>1</sub> - REF<sub>2</sub> - REF<sub>3</sub>)</b>							
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,389	-	2,662	3,425	-	2,731
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,048	-	3,378	4,425	-	3,731
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,437</b>	-	<b>6,040</b>	<b>7,850</b>	-	<b>6,462</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	-	44,1	43,6	-	42,3
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,650</b>	<b>0,750</b>	<b>0,549</b>	<b>0,650</b>	<b>0,750</b>	<b>0,551</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		7,704	-	7,798	7,345	-	7,384
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)		<b>52,0</b>	-	<b>52,0</b>	<b>50,0</b>	-	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>2,0</b>	-	<b>2,5</b>	<b>2,0</b>	-	<b>3,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	10,2 12,3	-	15,1 16,1	11,4 12,2	-	16,5 17,5
	07 Dias	15,0 16,0	-	19,5 20,6	14,8 15,5	-	22,3 22,8
	28 Dias	19,3 20,1	-	26,6 27,0	23,0 23,2	-	30,3 31,1
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	272,0	-	326,3	261,9	-	311,2
	Experimental	<b>265,5</b>	-	<b>318,0</b>	<b>253,4</b>	-	<b>302,6</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,6	-	1,5	1,5	-	1,1
	Mét gravimétrico	2,4	-	2,6	3,3	-	2,8
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,472	-	2,476	2,488	-	2,494
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,413	-	2,413	2,407	-	2,425

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-1 e A2-10 do ANEXO n° 2
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-2** : Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1, areia fina e areia média - ST 60±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1	
		FINA	MÉDIA			
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	19,0	
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,000	
- Massa Específica (kg/dm³)		3,090	2,634	2,642	2,859	

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,320	2,570	1,807	3,237	2,497	1,747
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,144	3,430	2,698	4,237	3,497	2,747
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,464</b>	<b>6,000</b>	<b>4,505</b>	<b>7,474</b>	<b>5,994</b>	<b>4,494</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,5	42,8	40,1	43,3	41,7	38,9
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,720</b>	<b>0,563</b>	<b>0,445</b>	<b>0,658</b>	<b>0,548</b>	<b>0,429</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,507	8,043	8,084	7,765	7,835	7,809
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,5</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	10,6 11,9	16,3 16,9	21,8 24,0	12,3 13,1	18,0 20,0	30,1 30,4
	07 Dias	16,0 14,8	22,9 23,0	31,6 33,5	16,6 17,2	22,7 25,7	33,9 34,5
	28 Dias	21,2 23,6	33,5 33,9	43,9 44,2	22,0 22,4	33,2 35,7	39,8 42,0
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	266,4	326,6	417,0	271,1	329,0	421,1
	Experimental	<b>258,8</b>	<b>319,1</b>	<b>405,5</b>	<b>264,2</b>	<b>321,5</b>	<b>411,4</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,1	1,6	1,3	1,6	1,2	1,5
	Mét gravimétrico	2,9	2,3	2,7	2,5	2,3	2,3
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,447	2,470	2,481	2,476	2,481	2,494
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,377	2,413	2,413	2,413	2,425	2,437

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,970	3,522	2,428	3,167	3,808	2,521
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,817	4,348	3,289	4,167	4,808	3,521
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>6,787</b>	<b>7,870</b>	<b>5,717</b>	<b>7,334</b>	<b>8,616</b>	<b>6,042</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	43,8	44,8	42,5	43,2	44,2	41,7
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,651</b>	<b>0,796</b>	<b>0,551</b>	<b>0,650</b>	<b>0,773</b>	<b>0,550</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,360	8,974	8,203	7,799	8,039	7,81
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,5</b>	<b>5,5</b>	<b>6,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>5,5</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,8 12,4	8,7 9,1	14,5 15,1	9,6 11,0	6,9 7,1	19,7 20,7
	07 Dias	15,0 17,0	11,5 13,3	22,1 23,5	14,9 16,2	8,7 9,1	22,0 23,1
	28 Dias	22,5 22,8	17,5 19,0	31,0 32,0	22,5 22,9	16,0 17,2	31,6 33,8
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	290,9	251,4	339,3	275,5	237,0	326,9
	Experimental	<b>283,1</b>	<b>245,9</b>	<b>332,0</b>	<b>269,9</b>	<b>231,1</b>	<b>320,2</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,5	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
	Mét gravimétrico	2,7	2,2	2,2	2,0	2,5	2,0
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,455	2,430	2,466	2,475	2,462	2,482
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,389	2,377	2,413	2,425	2,401	2,431

#### OBSERVAÇÕES

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-2 e A2-11 do ANEXO n° 2
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-3** : Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1, areia fina e areia média - ST 100±20mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1	
			FINA	MÉDIA		
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	19,0	
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,000	
- Massa Específica (kg/dm³)		3,090	2,634	2,642	2,859	

		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,586	2,787	1,965	3,407	2,638	1,862
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,906	3,226	2,525	4,065	3,356	2,646
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,492</b>	<b>6,013</b>	<b>4,490</b>	<b>7,472</b>	<b>5,994</b>	<b>4,508</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	47,9	46,3	43,8	45,6	44	41,3
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,856</b>	<b>0,679</b>	<b>0,480</b>	<b>0,728</b>	<b>0,562</b>	<b>0,454</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		10,080	9,682	8,743	8,593	8,035	8,243
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)		<b>54,0</b>	<b>54,0</b>	<b>54,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>9,5</b>	<b>8,5</b>	<b>12,0</b>	<b>9,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	7,2 7,3	11,6 11,8	20,4 21,7	9,1 10,7	18,3 19,6	24,6 24,9
	07 Dias	10,2 10,3	16,0 16,9	25,0 25,1	13,5 14,1	21,5 21,7	26,0 27,8
	28 Dias	15,2 15,5	22,1 23,5	33,8 36,6	17,7 19,4	30,6 31,0	36,7 37,2
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	255,9	313,6	411,0	265,7	327,0	415,3
	Experimental	<b>251,7</b>	<b>307,5</b>	<b>400,2</b>	<b>259,7</b>	<b>316</b>	<b>406,7</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,0	1,0	1,1	2,1	1,6	2,2
	Mét gravimétrico	1,6	1,9	2,6	2,3	3,4	2,1
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,392	2,412	2,454	2,445	2,471	2,476
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,353	2,365	2,389	2,389	2,388	2,425

		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,692	3,273	2,389	3,089	3,555	2,554
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,145	3,636	2,889	3,778	4,202	3,28
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>5,837</b>	<b>6,909</b>	<b>5,278</b>	<b>6,867</b>	<b>7,757</b>	<b>5,834</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	46,1	47,4	45,3	45,0	45,8	43,8
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,652</b>	<b>0,749</b>	<b>0,552</b>	<b>0,651</b>	<b>0,749</b>	<b>0,549</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		9,536	9,470	8,793	8,275	8,553	8,033
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)		<b>54,0</b>	<b>54,0</b>	<b>54,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>11,5</b>	<b>10,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	14,8 15,2	9,8 10,6	20,1 20,2	12,2 13,9	9,5 9,6	18,1 18,1
	07 Dias	17,9 19,0	12,1 13,8	22,4 23,0	16,5 17,4	13,2 13,5	20,3 20,6
	28 Dias	25,7 26,0	19,0 19,8	32,2 34,9	20,5 21,1	17,3 19,9	28,0 28,6
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	322,8	278,8	358,0	288,6	257,2	334,8
	Experimental	<b>317,4</b>	<b>275,9</b>	<b>350,7</b>	<b>283,3</b>	<b>252,6</b>	<b>328,5</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,5	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
	Mét gravimétrico	1,7	1,0	2,1	1,8	1,8	1,9
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,418	2,414	2,445	2,458	2,445	2,472
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,377	2,389	2,395	2,413	2,401	2,425

#### OBSERVAÇÕES

- 1- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-3 e A2-12 do ANEXO n° 2
- 2- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-4:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 2, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 2
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 2	
			FINA	MÉDIA		
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	25,0	
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,340	
- Massa Específica (kg/dm³)		3,090	2,634	2,642	2,850	

		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,333	2,568	1,801	3,080	2,365	1,640
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,167	3,425	2,688	4,425	3,65	2,857
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,500</b>	<b>5,993</b>	<b>4,489</b>	<b>7,505</b>	<b>6,015</b>	<b>4,497</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,4	42,8	40,1	41	39,3	36,5
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,750</b>	<b>0,561</b>	<b>0,459</b>	<b>0,667</b>	<b>0,541</b>	<b>0,431</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,824	8,022	8,362	7,842	7,712	7,841
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,2 11,6	16,3 17,0	24,6 25,9	12,1 13,3	17,9 19,5	28,1 30,3
	07 Dias	14,1 15,1	21,4 21,5	28,4 30,1	16,5 19,0	26,4 26,5	33,3 35,7
	28 Dias	19,3 21,8	29,7 30,0	34,9 36,3	22,7 23,5	29,1 32,4	37,9 40,3
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	263,1	326,7	415,0	269,6	328,9	420,6
	Experimental	<b>257,0</b>	<b>319,4</b>	<b>405,7</b>	<b>265,7</b>	<b>322,5</b>	<b>413,3</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,6	1,5	1,1	1,0	1,2	1,2
	Mét gravimétrico	2,3	2,2	2,2	1,5	1,9	1,7
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,434	2,468	2,469	2,473	2,485	2,493
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,377	2,413	2,413	2,437	2,437	2,450

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,881	3,378	2,361	3,060	-	2,635
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,731	4,202	3,226	4,397	-	3,942
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>6,612</b>	<b>7,580</b>	<b>5,587</b>	<b>7,457</b>	-	<b>6,577</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	43,6	44,6	42,3	41	-	40,1
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,652</b>	<b>0,791</b>	<b>0,550</b>	<b>0,649</b>	<b>0,750</b>	<b>0,548</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,565	9,219	8,350	7,674	-	7,232
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>48,0</b>	-	<b>48,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	-	<b>3,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	12,0 13,3	8,5 9,0	12,9 13,3	13,5 13,9	-	16,1 18,3
	07 Dias	15,3 16,6	11,7 12,2	18,1 21,7	16,1 17,3	-	19,1 19,8
	28 Dias	21,9 22,5	16,3 16,4	26,0 28,0	22,1 24,9	-	27,1 28,2
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	296,0	258,3	344,6	272,2	-	307,5
	Experimental	<b>287,6</b>	<b>251,1</b>	<b>334,7</b>	<b>263,0</b>	-	<b>297,7</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,2	1,2	1,1	1,1	-	1,2
	Mét gravimétrico	2,8	2,8	2,9	3,4	-	3,2
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,446	2,421	2,459	2,479	-	2,498
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,377	2,353	2,389	2,395	-	2,419

#### OBSERVAÇÕES

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-4 e A2-13 do ANEXO n° 2
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-5:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 2, areia fina e areia média - ST 60±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 2							
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 2								
			FINA	MÉDIA			ABATIMENTO (SLUMP TEST) (mm)						
- Diâmetro Máximo Característico (mm)	-		2,4	2,4	25,0	<b>60 ± 10</b>							
- Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,340									
- Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,850									
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES</b>		<b>AREIA FINA</b> (ZONA 2 - NBR 7211/83)				<b>AREIA MÉDIA</b> (ZONA 3 - NBR 7211/83)							
		<b>Aux. 1</b>	<b>PILOTO</b>	<b>Aux. 2</b>		<b>Aux. 1</b>	<b>PILOTO</b>	<b>Aux. 2</b>					
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,427	2,642	1,865		3,174	2,429	1,697					
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,091	3,358	2,647		4,348	3,571	2,809					
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,518</b>	<b>6,000</b>	<b>4,512</b>		<b>7,522</b>	<b>6,000</b>	<b>4,506</b>					
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	44,0	41,3		42,2	40,5	37,7					
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,795</b>	<b>0,587</b>	<b>0,471</b>		<b>0,696</b>	<b>0,571</b>	<b>0,425</b>					
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		9,333	8,386	8,545		8,167	8,157	7,719					
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>		<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>					
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,5</b>		<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>					
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	9,5	9,7	17,1	17,6	22,5	25,1	9,6	10,5	15,9	16,2	28,6	28,8
	07 Dias	12,7	13,3	20,7	21,3	27,5	28,4	15,9	16,0	21,7	22,3	34,9	35,5
	28 Dias	17,8	18,6	29,5	30,1	38,0	38,1	21,8	21,8	26,8	28,4	38,9	40,9
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	259,4	323,4	411,3		266,9	326,1	420,8					
	Experimental	<b>253,9</b>	<b>314,9</b>	<b>403,3</b>		<b>261,8</b>	<b>318,7</b>	<b>410,9</b>					
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,5	1,8	1,1		1,0	1,2	1,2					
	Mét gravimétrico	2,1	2,6	1,9		1,9	2,3	2,3					
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,416	2,454	2,461		2,460	2,469	2,496					
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,365	2,389	2,413		2,413	2,413	2,437					
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA</b> (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		<b>AREIA FINA</b> (ZONA 2 - NBR 7211/83)				<b>AREIA MÉDIA</b> (ZONA 3 - NBR 7211/83)							
		<b>REF 1</b>	<b>REF 2</b>	<b>REF 3</b>		<b>REF 1</b>	<b>REF 2</b>	<b>REF 3</b>					
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,790	3,268	2,325		2,984	-	2,357					
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,497	3,937	3,067		4,146	-	3,497					
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>6,287</b>	<b>7,205</b>	<b>5,392</b>		<b>7,130</b>	-	<b>5,854</b>					
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,4	45,4	43,1		41,9	-	40,3					
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,650</b>	<b>0,751</b>	<b>0,567</b>		<b>0,651</b>	<b>0,750</b>	<b>0,551</b>					
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,920	9,153	8,870		8,007	-	8,039					
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>		<b>49,0</b>	-	<b>49,0</b>					
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>		<b>5,0</b>	-	<b>6,5</b>					
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	12,5	13,8	9,0	11,0	17,0	17,5	13,4	14,8	-	16,4	17,3	
	07 Dias	15,0	17,0	13,0	14,0	20,8	21,0	16,2	17,2	-	20,9	21,2	
	28 Dias	23,0	24,1	16,8	17,4	27,5	28,7	22,1	22,7	-	25,5	25,7	
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	306,8	270,5	350,9		281,0	-	334,0					
	Experimental	<b>298,0</b>	<b>266,7</b>	<b>346,7</b>		<b>276,8</b>	-	<b>325,1</b>					
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	0,9	0,9	1,2		1,0	-	1,0					
	Mét gravimétrico	2,9	1,4	1,2		1,5	-	2,7					
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,435	2,423	2,442		2,467	-	2,473					
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,365	2,389	2,413		2,431	-	2,407					

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-5 e A2-14 do ANEXO n° 2
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-6:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 2, areia fina e areia média - ST 100±20mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 2							
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 2								
			FINA	MÉDIA									
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	25,0								
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,340								
- Massa Específica (kg/dm³)		3,090	2,634	2,642	2,850								
						<b>ABATIMENTO (SLUMP TEST)</b> (mm)							
						<b>100 ± 20</b>							
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES</b>		<b>AREIA FINA</b> (ZONA 2 - NBR 7211/83)				<b>AREIA MÉDIA</b> (ZONA 3 - NBR 7211/83)							
		<b>Aux. 1</b>	<b>PILOTO</b>	<b>Aux. 2</b>		<b>Aux. 1</b>	<b>PILOTO</b>	<b>Aux. 2</b>					
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,512	2,711	1,917		3,333	2,568	1,801					
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,000	3,289	2,591		4,167	3,425	2,688					
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,512</b>	<b>6,000</b>	<b>4,508</b>		<b>7,500</b>	<b>5,993</b>	<b>4,489</b>					
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	46,8	45,2	42,5		44,4	42,8	40,1					
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,856</b>	<b>0,639</b>	<b>0,487</b>		<b>0,750</b>	<b>0,594</b>	<b>0,468</b>					
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		10,056	9,129	8,842		8,824	8,494	8,526					
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>53,0</b>	<b>53,0</b>	<b>53,0</b>		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>					
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>9,5</b>	<b>9,0</b>	<b>10,0</b>		<b>9,0</b>	<b>11,0</b>	<b>12,0</b>					
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	6,2	6,4	11,6	11,8	18,7	20,1	10,2	11,2	16,9	17,1	22,9	23,2
	07 Dias	7,1	7,2	16,5	16,9	27,1	27,8	12,1	12,2	19,5	21,7	26,1	26,1
	28 Dias	16,0	17,0	25,0	25,4	38,3	38,9	17,4	17,5	26,5	28,2	30,3	31,8
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	255,3	317,9	408,6		263,3	323,5	413,8					
	Experimental	<b>251,2</b>	<b>311,2</b>	<b>398,5</b>		<b>257</b>	<b>316,5</b>	<b>405,1</b>					
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,0	0,9	0,9		1,6	1,2	1,0					
	Mét gravimétrico	1,6	2,1	2,5		2,4	2,2	2,1					
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,392	2,428	2,449		2,436	2,454	2,465					
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,353	2,377	2,389		2,377	2,401	2,413					
<b>DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA</b> (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		<b>AREIA FINA</b> (ZONA 2 - NBR 7211/83)				<b>AREIA MÉDIA</b> (ZONA 3 - NBR 7211/83)							
		<b>REF 1</b>	<b>REF 2</b>	<b>REF 3</b>		<b>REF 1</b>	<b>REF 2</b>	<b>REF 3</b>					
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,662	3,130	2,241		3,052	3,630	2,497					
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,247	3,659	2,874		3,897	4,454	3,365					
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>5,909</b>	<b>6,789</b>	<b>5,115</b>		<b>6,949</b>	<b>8,084</b>	<b>5,862</b>					
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,0	46,1	43,8		43,9	44,9	42,6					
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,649</b>	<b>0,749</b>	<b>0,564</b>		<b>0,652</b>	<b>0,753</b>	<b>0,550</b>					
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		9,394	9,616	9,223		8,202	8,289	8,015					
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>53,0</b>	<b>53,0</b>	<b>53,0</b>		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>					
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>9,0</b>	<b>9,5</b>	<b>8,5</b>		<b>12,0</b>	<b>8,0</b>	<b>9,0</b>					
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,4	12,1	10,0	10,4	16,4	17,2	10,4	10,7	8,6	9,5	17,2	17,2
	07 Dias	14,4	15,3	11,8	12,1	22,0	23,5	12,6	13,0	11,8	12,5	21,0	22,1
	28 Dias	23,4	23,6	17,6	19,0	28,3	29,2	18,0	18,2	14,7	16,2	27,0	27,3
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	320,3	282,1	364,1		285,9	249,2	333,4					
	Experimental	<b>312,9</b>	<b>278,4</b>	<b>355,9</b>		<b>279,9</b>	<b>242,9</b>	<b>327,2</b>					
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	0,8	0,7	0,6		0,8	1,0	0,8					
	Mét gravimétrico	2,3	1,3	2,2		2,1	2,5	1,9					
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,420	2,409	2,432		2,459	2,451	2,471					
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,365	2,377	2,377		2,407	2,389	2,425					

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-6 e A2-15 do ANEXO n° 2
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.



**TABELA A1-7:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1+Brita 2, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1 + BRITA 2		
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		PEDRA BRITADA			
			FINA	MÉDIA	BRITA 1			BRITA 2
Diâmetro Máximo Caract. (mm)	-	2,4	2,4	19,0	25,0	<b>ABATIMENTO</b> (SLUMP TEST) (mm) <b>30 ± 10</b>		
Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,000	7,340			
Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,859	2,850			

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
		<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,174	2,429	1,697	3,237
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,348	3,572	2,808	4,238	3,496	2,748
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,174	1,786	1,404	2,119	1,748	1,374
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,174	1,786	1,404	2,119	1,748	1,374
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,522</b>	<b>6,001</b>	<b>4,505</b>	<b>7,475</b>	<b>5,993</b>	<b>4,495</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	42,2	40,5	37,7	43,3	41,7	38,9
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,696</b>	<b>0,548</b>	<b>0,426</b>	<b>0,636</b>	<b>0,506</b>	<b>0,395</b>
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,167	7,827	7,738	7,504	7,236	7,188
	TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias 9,7 10,0 07 Dias 12,7 13,2 28 Dias 20,1 21,1	14,6 15,2 20,4 21,3 29,2 29,2	25,5 27,1 31,8 32,0 43,0 44,7	13,3 13,4 14,9 17,8 25,4 26,0	17,4 18,0 21,8 23,6 29,6 32,3	25,6 29,9 32,6 34,2 44,2 45,1
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto <b>257,9</b> Experimental	328,4 <b>319,6</b>	420,6 <b>410,9</b>	272,2 <b>264,8</b>	333,1 <b>323,4</b>	426,5 <b>416,0</b>
	TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico 1,7 Mét gravimétrico 3,4	1,6 2,7	1,4 2,3	1,8 2,8	1,6 3,0	1,4 2,6
	MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ ) 2,460 COM ar ( $\gamma_{cf}$ ) 2,377	2,479 2,413	2,495 2,437	2,483 2,413	2,500 2,425	2,514 2,450

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3
		<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,943	-	2,404	3,348
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,098	-	3,546	4,348	-	3,732
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,049	-	1,773	2,174	-	1,866
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,049	-	1,773	2,174	-	1,866
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,041</b>	-	<b>5,950</b>	<b>7,696</b>	-	<b>6,463</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	41,8	-	40,4	43,5	-	42,3
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,649</b>	<b>0,750</b>	<b>0,552</b>	<b>0,650</b>	<b>0,750</b>	<b>0,551</b>
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,071	-	7,942	7,475	-	7,383
	TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	<b>49,0</b>	-	<b>49,0</b>	<b>50,0</b>	-	<b>50,0</b>
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>4,0</b>	-	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	-	<b>4,0</b>
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias 16,6 16,7 07 Dias 18,6 19,2 28 Dias 23,5 25,1	- - -	20,1 21,2 23,7 24,4 31,6 31,6	13,4 13,5 15,9 16,2 21,5 23,0	- - -	15,1 15,8 19,9 21,2 27,1 29,7
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto <b>277,0</b> Experimental	- <b>321,6</b>	330,0 <b>300,3</b>	265,4 <b>256,3</b>	- <b>300,3</b>	310,7 <b>300,3</b>
	TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico 1,5 Mét gravimétrico 2,3	- -	1,5 2,5	1,5 3,5	- -	1,2 3,4
	MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ ) 2,465 COM ar ( $\gamma_{cf}$ ) 2,407	- -	2,475 2,413	2,483 2,395	- -	2,492 2,407

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-7 e A2-16 do ANEXO n° 2
- Utilizou-se a porcentagem de 50% de cada um dos agregados GRAÚDOS no traço unitário do concreto
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-8:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1+Brita 2, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS	MATERIAL UTILIZADO					BRITA 1 + BRITA 2	
	CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		PEDRA BRITADA			
			FINA	MÉDIA	BRITA 1	BRITA 2	ABATIMENTO (SLUMP TEST) (mm)
Diâmetro Máximo Caract. (mm)	-	2,4	2,4	19,0	25,0	<b>60 ± 10</b>	
Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,000	7,340		
Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,859	2,850		

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES	AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	
	<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>						
Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,237	2,497	1,747	3,333	2,568	1,801	
Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,238	3,496	2,748	4,166	3,424	2,688	
Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,119	1,748	1,374	2,083	1,712	1,344	
Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,119	1,748	1,374	2,083	1,712	1,344	
Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,475</b>	<b>5,993</b>	<b>4,495</b>	<b>7,499</b>	<b>5,992</b>	<b>4,489</b>	
Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	43,3	41,7	38,9	44,4	42,9	40,1	
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,729</b>	<b>0,574</b>	<b>0,446</b>	<b>0,700</b>	<b>0,510</b>	<b>0,436</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,602	8,208	8,116	8,236	7,294	7,943	
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>6,0</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	10,6 11,1	16,0 16,2	23,4 24,4	12,4 13,4	18,8 20,5	25,1 26,1
	07 Dias	13,4 13,7	20,6 22,1	25,4 30,4	15,6 17,7	24,1 25,8	28,2 29,4
	28 Dias	19,9 21,0	29,0 29,8	40,7 42,8	21,9 21,9	32,0 32,6	34,5 38,0
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	265,5	325,7	417,4	266,8	332,4	419,3
	Experimental	<b>259,6</b>	<b>317,3</b>	<b>406,2</b>	<b>261,0</b>	<b>323,2</b>	<b>411,3</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,4	1,2	1,3	1,8	1,6	1,2
	Mét gravimétrico	2,2	2,6	2,7	2,3	2,9	2,0
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,444	2,465	2,480	2,457	2,496	2,486
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,389	2,401	2,413	2,401	2,425	2,437

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )	AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
	REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3	
	<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>						
Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,923	3,386	2,318	3,294	3,667	2,651	
Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,923	4,386	3,312	4,127	4,484	3,502	
Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	1,962	2,193	1,656	2,064	2,242	1,751	
Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	1,961	2,193	1,656	2,063	2,242	1,751	
Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>6,846</b>	<b>7,772</b>	<b>5,630</b>	<b>7,421</b>	<b>8,151</b>	<b>6,153</b>	
Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	42,7	43,6	41,2	44,4	45,0	43,1	
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,650</b>	<b>0,753</b>	<b>0,548</b>	<b>0,652</b>	<b>0,750</b>	<b>0,550</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,284	8,584	8,265	7,743	8,196	7,689	
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,0</b>	<b>5,5</b>	<b>5,0</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	14,2 15,2	11,8 12,7	18,0 18,5	11,8 13,2	9,6 9,7	17,9 18,2
	07 Dias	17,4 18,0	13,7 13,8	20,8 22,4	15,3 17,0	11,1 12,5	20,6 22,7
	28 Dias	23,0 24,7	18,3 19,7	30,8 30,9	21,0 21,2	16,0 16,8	29,3 30,4
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	289,2	256,5	343,4	272,3	247,7	321,9
	Experimental	<b>284,0</b>	<b>250,8</b>	<b>336,2</b>	<b>267,3</b>	<b>240,7</b>	<b>312,5</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,2	1,4	1,1	1,0	1,1	1,1
	Mét gravimétrico	1,8	2,2	2,1	2,0	2,9	3,0
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,457	2,443	2,465	2,473	2,455	2,482
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,413	2,389	2,413	2,425	2,383	2,407

## OBSERVAÇÕES

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-7 e A2-16 do ANEXO n° 2
- Utilizou-se a porcentagem de 50% de cada um dos agregados GRAÚDOS no traço unitário do concreto
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-9:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo CONVENCIONAL, confeccionados com Brita 1+Brita 2, areia fina e areia média - ST 100±20mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1 + BRITA 2		
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		PEDRA BRITADA			
			FINA	MÉDIA	BRITA 1			BRITA 2
Diâmetro Máximo Caract. (mm)	-	2,4	2,4	19,0	25,0	<b>ABATIMENTO</b> (SLUMP TEST) (mm) <b>100 ± 20</b>		
Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,000	7,340			
Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,859	2,850			

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	
		<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,333	2,568	1,801	3,407	2,638
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,166	3,424	2,688	4,066	3,356	2,646	
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,083	1,712	1,344	2,033	1,678	1,323	
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,083	1,712	1,344	2,033	1,678	1,323	
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,499</b>	<b>5,992</b>	<b>4,489</b>	<b>7,473</b>	<b>5,994</b>	<b>4,508</b>	
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,4	42,9	40,1	45,6	44,0	41,3	
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,793</b>	<b>0,605</b>	<b>0,492</b>	<b>0,719</b>	<b>0,566</b>	<b>0,449</b>	
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	9,331	8,653	8,963	8,486	8,093	8,152	
	TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>10,5</b>	<b>9,5</b>	<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>9,0</b>	<b>12,0</b>	
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias 07 Dias 28 Dias	8,4 9,1 12,8 13,5 18,8 19,9	15,3 15,5 19,4 19,8 28,0 30,0	23,0 24,5 27,8 28,0 35,3 37,4	10,1 10,2 13,3 13,5 17,1 19,1	17,3 17,7 20,6 22,2 26,4 28,2	19,5 20,6 25,1 26,5 35,9 37,8
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto Experimental	260,3 <b>255,8</b>	322,3 <b>317,6</b>	409,7 <b>405,5</b>	265,9 <b>258,6</b>	326,1 <b>319,2</b>	415,5 <b>405,1</b>
	TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico Mét gravimétrico	0,9 1,7	1,0 1,4	1,0 1,0	1,8 2,9	1,6 2,2	1,2 2,6
	MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> ) COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,419 2,377	2,448 2,413	2,450 2,425	2,447 2,377	2,468 2,413	2,478 2,413

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇOS DE REFERÊNCIA (REF <sub>1</sub> - REF <sub>2</sub> - REF <sub>3</sub> )		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
		REF 1	REF 2	REF 3	REF 1	REF 2	REF 3	
		<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	2,739	3,168	2,238	3,045	3,593
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	3,592	4,000	3,110	3,731	4,238	3,206	
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	1,796	2,000	1,555	1,866	2,119	1,603	
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	1,796	2,000	1,555	1,865	2,119	1,603	
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>6,331</b>	<b>7,168</b>	<b>5,348</b>	<b>6,776</b>	<b>7,831</b>	<b>5,680</b>	
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	43,3	44,2	41,8	44,9	45,9	43,6	
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,649</b>	<b>0,750</b>	<b>0,551</b>	<b>0,650</b>	<b>0,779</b>	<b>0,551</b>	
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,853	9,182	8,680	8,359	8,821	8,249	
	TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>9,0</b>	<b>11,0</b>	<b>9,0</b>	<b>8,5</b>	<b>8,0</b>	<b>12,0</b>	
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias 07 Dias 28 Dias	16,0 16,8 19,5 19,7 24,5 25,6	11,8 11,8 13,6 14,4 18,7 18,9	20,7 21,1 25,4 25,5 30,4 32,7	13,8 14,7 16,4 16,5 21,0 21,7	10,6 10,8 12,2 13,7 18,0 19,3	17,3 19,6 24,8 24,9 31,6 32,5
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto Experimental	305,7 <b>300,1</b>	271,9 <b>267,9</b>	355,4 <b>348,9</b>	291,0 <b>284,2</b>	253,1 <b>248,6</b>	340,5 <b>334,5</b>
	TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico Mét gravimétrico	0,8 1,8	0,9 1,5	1,0 1,8	0,9 2,4	1,1 1,9	0,8 1,8
	MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> ) COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,440 2,395	2,425 2,389	2,452 2,407	2,454 2,395	2,435 2,389	2,464 2,419

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-7 e A2-16 do ANEXO n° 2
- Utilizou-se a porcentagem de 50% de cada um dos agregados GRAÚDOS no traço unitário do concreto
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-10:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 1, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO			
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1
			FINA	MÉDIA	
- Diâmetro Máximo Característico (mm)		-	2,4	2,4	19,0
- Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,000
- Massa Específica (kg/dm³)		3,090	2,634	2,642	2,859

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,424	2,632	1,860	3,237	2,497	1,747
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,080	3,355	2,642	4,237	3,497	2,747
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,504</b>	<b>5,987</b>	<b>4,502</b>	<b>7,474</b>	<b>5,994</b>	<b>4,494</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	44,0	41,3	43,3	41,7	38,9
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,676</b>	<b>0,526</b>	<b>0,432</b>	<b>0,619</b>	<b>0,524</b>	<b>0,407</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		7,949	7,528	7,852	7,305	7,492	7,408
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,1 12,3	16,2 18,3	27,4 28,5	14,6 16,0	19,9 20,6	31,4 32,0
	07 Dias	15,5 16,0	21,3 22,3	30,9 34,4	17,3 17,3	22,7 24,0	34,9 35,1
	28 Dias	21,2 22,1	27,3 28,2	40,3 40,3	23,5 25,5	32,7 34,6	40,9 41,5
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	268,3	330,9	419,1	274,0	331,6	425,0
	Experimental	<b>257,6</b>	<b>319,6</b>	<b>406,6</b>	<b>262,7</b>	<b>324,2</b>	<b>410,9</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,3	1,4	1,3	2,5	1,5	1,3
	Mét gravimétrico	4,0	3,4	3,0	4,1	2,2	3,3
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,463	2,486	2,487	2,491	2,493	2,508
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,365	2,401	2,413	2,389	2,437	2,425

TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,424	2,632	1,975	3,479	2,696	2,061
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,080	3,355	2,746	4,479	3,696	3,061
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,504</b>	<b>5,987</b>	<b>4,721</b>	<b>7,958</b>	<b>6,392</b>	<b>5,122</b>
	Teor de Aditivo Plastif/kg de Cimento (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	44,0	41,8	43,7	42,2	40,2
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,680</b>	<b>0,526</b>	<b>0,432</b>	<b>0,619</b>	<b>0,524</b>	<b>0,407</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		7,996	7,528	7,551	6,91	7,089	6,648
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	14,6 14,6	23,3 24,0	30,1 31,3	- -	- -	- 29,5
	07 Dias	18,3 18,5	28,9 29,3	35,8 38,4	20,2 20,8	24,9 27,4	31,3 34,5
	28 Dias	24,4 26,9	32,0 34,7	40,3 41,0	25,2 26,1	33,2 35,8	40,6 41,0
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	268,1	330,9	405,5	261,4	316,4	387,4
	Experimental	<b>260,1</b>	<b>319,6</b>	<b>392,2</b>	<b>249,5</b>	<b>307,1</b>	<b>375,2</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,3	2,0	1,5	2,7	2,2	1,8
	Mét gravimétrico	3,0	3,4	3,3	4,6	2,9	3,1
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,462	2,486	2,495	2,503	2,504	2,529
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,389	2,401	2,413	2,389	2,431	2,450

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-1 e A2-10 do ANEXO n° 2
- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-11:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 1, areia fina e areia média - ST 60±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO			
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1
	FINA		MÉDIA		
- Diâmetro Máximo Característico (mm)	-	2,4	2,4	19,0	
- Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,000	
- Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,859	

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,320	2,570	1,807	3,237	2,497	1,747
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,144	3,430	2,698	4,237	3,497	2,747
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,464</b>	<b>6,000</b>	<b>4,505</b>	<b>7,474</b>	<b>5,994</b>	<b>4,494</b>
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,5	42,8	40,1	43,3	41,7	38,9
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,720</b>	<b>0,563</b>	<b>0,445</b>	<b>0,658</b>	<b>0,548</b>	<b>0,429</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,507	8,043	8,084	7,765	7,835	7,809
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,5</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	10,6 11,9	16,3 16,9	21,8 24,0	12,3 13,1	18,0 20,0	30,1 30,4
	07 Dias	16,0 14,8	22,9 23,0	31,6 33,5	16,6 17,2	22,7 25,7	33,9 34,5
	28 Dias	21,2 23,6	33,5 33,9	43,9 44,2	22,0 22,4	33,2 35,7	39,8 42,0
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	266,4	326,6	417,0	271,1	329,0	421,1
	Experimental	<b>258,8</b>	<b>319,1</b>	<b>405,5</b>	<b>264,2</b>	<b>321,5</b>	<b>411,4</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,1	1,6	1,3	1,6	1,2	1,5
	Mét gravimétrico	2,9	2,3	2,7	2,5	2,3	2,3
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,447	2,470	2,481	2,476	2,481	2,494
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,377	2,413	2,413	2,413	2,425	2,437

TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT
<b>TRAÇO UNITÁRIO</b>	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,448	2,638	1,807	3,419	3,000	1,904
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,264	3,497	2,698	4,419	4,000	2,904
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,712</b>	<b>6,135</b>	<b>4,505</b>	<b>7,838</b>	<b>7,000</b>	<b>4,808</b>
	Teor de Aditivo Plastif/kg de Cimento (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,7	43,0	40,1	43,6	42,9	39,6
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,720</b>	<b>0,563</b>	<b>0,445</b>	<b>0,659</b>	<b>0,548</b>	<b>0,429</b>
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,264	7,891	8,084	7,456	6,85	7,386
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,1</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	12,3 13,2	21,2 21,4	28,9 29,6	- -	- -	- -
	07 Dias	16,2 16,5	25,2 28,2	35,2 35,7	17,8 18,1	21,6 21,9	31,6 32,2
	28 Dias	20,8 20,9	30,2 32,2	41,0 42,1	22,2 23,2	28,5 29,6	41,8 43,5
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	260,1	321,4	417,0	261,6	293,6	401,8
	Experimental	<b>253,3</b>	<b>311,9</b>	<b>407,6</b>	<b>250,3</b>	<b>281,6</b>	<b>389,8</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,2	1,3	1,7	2,8	2,4	1,8
	Mét gravimétrico	2,6	3,0	2,3	4,3	4,1	3,0
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,454	2,474	2,481	2,485	2,510	2,506
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,389	2,401	2,425	2,377	2,407	2,431

**OBSERVAÇÕES**

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-2 e A2-11 do ANEXO n° 2
- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-12:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 2, areia fina e areia média - ST 30±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 2		
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 1			
- Diâmetro Máximo Característico (mm)	-		2,4	2,4		25,0	ABATIMENTO (SLUMP TEST) (mm) <b>30 ± 10</b>	
- Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,340				
- Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,850				
Parâmetros que auxiliaram na definição do Diagrama de Dosagem - CONCRETO CONVENCIONAL	DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
			Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
	TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,333	2,568	1,801	3,080	2,365	1,640
		Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,167	3,425	2,688	4,425	3,65	2,857
		Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,500</b>	<b>5,993</b>	<b>4,489</b>	<b>7,505</b>	<b>6,015</b>	<b>4,497</b>
		Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	44,4	42,8	40,1	41	39,3	36,5
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,750</b>	<b>0,561</b>	<b>0,459</b>	<b>0,667</b>	<b>0,541</b>	<b>0,431</b>
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,824	8,022	8,362	7,842	7,712	7,841
	TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	11,2 11,6	16,3 17,0	24,6 25,9	12,1 13,3	17,9 19,5	28,1 30,3
		07 Dias	14,1 15,1	21,4 21,5	28,4 30,1	16,5 19,0	26,4 26,5	33,3 35,7
		28 Dias	19,3 21,8	29,7 30,0	34,9 36,3	22,7 23,5	29,1 32,4	37,9 40,3
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	263,1	326,7	415,0	269,6	328,9	420,6
		Experimental	<b>257,0</b>	<b>319,4</b>	<b>405,7</b>	<b>265,7</b>	<b>322,5</b>	<b>413,3</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,6	1,5	1,1	1,0	1,2	1,2	
	Mét gravimétrico	2,3	2,2	2,2	1,5	1,9	1,7	
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,434	2,468	2,469	2,473	2,485	2,493	
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,377	2,413	2,413	2,437	2,437	2,450	
Parâmetros que auxiliaram na definição do Diagrama de Dosagem - CONCRETO CONVENCIONAL	TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
			AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT
	TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,839	2,985	2,175	3,784	2,989	2,177
		Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,653	3,824	3,047	5,187	4,327	3,438
		Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>8,492</b>	<b>6,809</b>	<b>5,222</b>	<b>8,971</b>	<b>7,316</b>	<b>5,615</b>
		Teor de Aditivo Plastif/kg de Cimento (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,2	43,8	41,7	42,2	40,9	38,8
	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,750</b>	<b>0,561</b>	<b>0,459</b>	<b>0,667</b>	<b>0,541</b>	<b>0,431</b>
	RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		7,901	7,184	7,377	6,689	6,506	6,515
	TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>	<b>48,0</b>
	ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	- -	- -	- -	- -	- -	- -
		07 Dias	14,1 14,6	20,8 22,2	26,7 27,8	17,8 19,3	22,3 23,4	33,1 34,7
		28 Dias	18,8 20,2	29,5 30,7	32,5 33,3	22,0 23,1	28,8 29,2	37,9 40,0
	CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	240,2	297,7	373,5	235,7	284,6	359,1
Experimental		<b>229,7</b>	<b>286,9</b>	<b>358,5</b>	<b>225,7</b>	<b>275,1</b>	<b>345</b>	
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,9	2,2	2,1	2,4	1,8	1,5	
	Mét gravimétrico	4,3	3,6	4,0	4,2	3,3	3,9	
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,460	2,491	2,495	2,507	2,520	2,530	
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,353	2,401	2,395	2,401	2,437	2,431	

## OBSERVAÇÕES

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-4 e A2-13 do ANEXO n° 2
- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-13:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 2, areia fina e areia média - ST 60±10mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 2		
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		BRITA 2			
- Diâmetro Máximo Característico (mm)	-		2,4	2,4		25,0	ABATIMENTO (SLUMP TEST) (mm) <b>60 ± 10</b>	
- Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,340				
- Massa Específica (kg/dm³)	3,090	2,634	2,642	2,850				
DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,427	2,642	1,865	3,174	2,429	1,697	
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,091	3,358	2,647	4,348	3,571	2,809	
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,518</b>	<b>6,000</b>	<b>4,512</b>	<b>7,522</b>	<b>6,000</b>	<b>4,506</b>	
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	45,6	44,0	41,3	42,2	40,5	37,7	
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,795</b>	<b>0,587</b>	<b>0,471</b>	<b>0,696</b>	<b>0,571</b>	<b>0,425</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		9,333	8,386	8,545	8,167	8,157	7,719	
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	9,5	9,7	17,1	17,6	22,5	25,1	
	07 Dias	12,7	13,3	20,7	21,3	27,5	28,4	
	28 Dias	17,8	18,6	29,5	30,1	38,0	38,1	
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	259,4	323,4	411,3	266,9	326,1	420,8	
	Experimental	<b>253,9</b>	<b>314,9</b>	<b>403,3</b>	<b>261,8</b>	<b>318,7</b>	<b>410,9</b>	
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,5	1,8	1,1	1,0	1,2	1,2	
	Mét gravimétrico	2,1	2,6	1,9	1,9	2,3	2,3	
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,416	2,454	2,461	2,460	2,469	2,496	
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,365	2,389	2,413	2,413	2,413	2,437	
TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)			
		AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,818	3,024	2,160	3,530	3,163	1,773	
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,452	3,713	2,921	4,720	4,337	2,889	
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>8,270</b>	<b>6,737</b>	<b>5,081</b>	<b>8,250</b>	<b>7,500</b>	<b>4,662</b>	
	Teor de Aditivo Plastif/kg de Cimento (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	46,2	44,9	42,5	42,8	42,2	38	
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)		<b>0,795</b>	<b>0,589</b>	<b>0,471</b>	<b>0,696</b>	<b>0,571</b>	<b>0,425</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)		8,576	7,613	7,745	7,524	6,718	7,506	
TEOR DE ARGAMASSA SECA (α) (%)		<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>52,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)		<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	-	-	-	-	-	-	
	07 Dias	12,5	13,3	20,8	22,2	27,7	29,2	
	28 Dias	18,0	18,2	23,5	25,9	33,4	36,4	
CONSUMO DE CIMENTO POR M³ DE CONCRETO (kg/m³)	Volume Absoluto	242,1	297,3	378,8	249,3	276,7	410,9	
	Experimental	<b>237,4</b>	<b>287,7</b>	<b>369,2</b>	<b>240,8</b>	<b>268,7</b>	<b>399,4</b>	
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,6	2,1	1,6	2,2	1,5	1,5	
	Mét gravimétrico	2,0	3,2	2,5	3,4	2,9	2,8	
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm³)	SEM ar (γ <sub>ca</sub> )	2,437	2,475	2,482	2,479	2,510	2,501	
	COM ar (γ <sub>cf</sub> )	2,389	2,395	2,419	2,395	2,437	2,431	

## OBSERVAÇÕES

- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-5 e A2-14 do ANEXO n° 2
- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

**TABELA A1-14:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 1+Brita 2, areia fina e areia média - ST  $30 \pm 10$ mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1 + BRITA 2			
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		PEDRA BRITADA				
			FINA	MÉDIA	BRITA 1	BRITA 2	ABATIMENTO (SLUMP TEST) (mm)		
Diâmetro Máximo Caract. (mm)		-	2,4	2,4	19,0	25,0	<b>30 ± 10</b>		
Módulo de Finura		-	2,000	2,690	7,000	7,340			
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		3,090	2,634	2,642	2,859	2,850			
DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)				
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2		
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,174	2,429	1,697	3,237	2,497	1,747		
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,348	3,572	2,808	4,238	3,496	2,748		
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,174	1,786	1,404	2,119	1,748	1,374		
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,174	1,786	1,404	2,119	1,748	1,374		
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,522</b>	<b>6,001</b>	<b>4,505</b>	<b>7,475</b>	<b>5,993</b>	<b>4,495</b>		
	Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	42,2	40,5	37,7	43,3	41,7	38,9		
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,696</b>	<b>0,548</b>	<b>0,426</b>	<b>0,636</b>	<b>0,506</b>	<b>0,395</b>			
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,167	7,827	7,738	7,504	7,236	7,188			
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>			
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>			
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	9,7 10,0	14,6 15,2	25,5 27,1	13,3 13,4	17,4 18,0	25,6 29,9		
	07 Dias	12,7 13,2	20,4 21,3	31,8 32,0	14,9 17,8	21,8 23,6	32,6 34,2		
	28 Dias	20,1 21,1	29,2 29,2	43,0 44,7	25,4 26,0	29,6 32,3	44,2 45,1		
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	266,8	328,4	420,6	272,2	333,1	426,5		
	Experimental	<b>257,9</b>	<b>319,6</b>	<b>410,9</b>	<b>264,8</b>	<b>323,4</b>	<b>416,0</b>		
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,7	1,6	1,4	1,8	1,6	1,4		
	Mét gravimétrico	3,4	2,7	2,3	2,8	3,0	2,6		
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,460	2,479	2,495	2,483	2,500	2,514		
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,377	2,413	2,437	2,413	2,425	2,450		
TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)				
		AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT		
TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,565	2,857	2,033	3,899	3,048	1,919		
	Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,755	4,018	3,158	4,901	4,044	2,918		
	Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,378	2,009	1,579	2,451	2,022	1,459		
	Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,377	2,009	1,579	2,450	2,022	1,459		
	Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>8,320</b>	<b>6,875</b>	<b>5,191</b>	<b>8,800</b>	<b>7,092</b>	<b>4,837</b>		
	Teor de Aditivo Plastif / kg de Cimento (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	42,8	41,6	39,2	44,3	43,0	39,7			
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,696</b>	<b>0,548</b>	<b>0,425</b>	<b>0,636</b>	<b>0,506</b>	<b>0,395</b>			
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	7,468	6,959	6,865	6,490	6,253	6,767			
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>49,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>			
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>			
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
	07 Dias	14,3 15,7	17,9 19,3	31,8 33,5	16,1 17,3	21,9 23,1	34,1 35,3		
	28 Dias	16,6 17,7	23,3 23,5	40,4 41,5	19,0 19,8	26,1 27,4	42,7 43,4		
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	247,6	297,3	380,7	240,6	293,8	405,0		
	Experimental	<b>236,1</b>	<b>282,2</b>	<b>362,9</b>	<b>224,3</b>	<b>277,9</b>	<b>391,0</b>		
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	2,6	2,4	2,5	2,4	2,4	1,7		
	Mét gravimétrico	4,6	5,1	4,7	6,9	5,5	3,5		
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,480	2,504	2,519	2,513	2,529	2,526		
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,365	2,377	2,401	2,341	2,389	2,437		

## OBSERVAÇÕES

- 1- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-7 e A2-16 do ANEXO n° 2
- 2- Utilizou-se a porcentagem de 50% de cada um dos agregados GRAÚDOS no traço unitário do concreto
- 3- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- 4- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.



**TABELA A1-15:** Resumo das características físicas e mecânicas de concretos do tipo ADITIVADO (Aditivo Plastificante do tipo "P"), confeccionados com Brita 1+Brita 2, areia fina e areia média - ST  $60 \pm 10$ mm

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS		MATERIAL UTILIZADO				BRITA 1 + BRITA 2			
		CIMENTO CP II-Z-32	AREIA LAVADA		PEDRA BRITADA				
			FINA	MÉDIA	BRITA 1				BRITA 2
Diâmetro Máximo Caract. (mm)	-	2,4	2,4	19,0	25,0	<b>ABATIMENTO</b> (SLUMP TEST) (mm) <b>60 ± 10</b>			
Módulo de Finura	-	2,000	2,690	7,000	7,340				
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )	3,090	2,634	2,642	2,859	2,850				

DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS PARA O TRAÇO PILOTO e TRAÇOS AUXILIARES		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		Aux. 1	PILOTO	Aux. 2	Aux. 1	PILOTO	Aux. 2
		TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	3,237	2,497	1,747	3,333
Teor de agregado graúdo (p) (kg)	4,238		3,496	2,748	4,166	3,424	2,688
Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	2,119		1,748	1,374	2,083	1,712	1,344
Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	2,119		1,748	1,374	2,083	1,712	1,344
Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	<b>7,475</b>		<b>5,993</b>	<b>4,495</b>	<b>7,499</b>	<b>5,992</b>	<b>4,489</b>
Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	43,3		41,7	38,9	44,4	42,9	40,1
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	<b>0,729</b>	<b>0,574</b>	<b>0,446</b>	<b>0,700</b>	<b>0,510</b>	<b>0,436</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	8,602	8,208	8,116	8,236	7,294	7,943	
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	<b>6,0</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	10,6 11,1	16,0 16,2	23,4 24,4	12,4 13,4	18,8 20,5	25,1 26,1
	07 Dias	13,4 13,7	20,6 22,1	25,4 30,4	15,6 17,7	24,1 25,8	28,2 29,4
	28 Dias	19,9 21,0	29,0 29,8	40,7 42,8	21,9 21,9	32,0 32,6	34,5 38,0
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	265,5	325,7	417,4	266,8	332,4	419,3
	Experimental	<b>259,6</b>	<b>317,3</b>	<b>406,2</b>	<b>261,0</b>	<b>323,2</b>	<b>411,3</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	1,4	1,2	1,3	1,8	1,6	1,2
	Mét gravimétrico	2,2	2,6	2,7	2,3	2,9	2,0
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	2,444	2,465	2,480	2,457	2,496	2,486
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	2,389	2,401	2,413	2,401	2,425	2,437

TRAÇOS ADITIVADOS - ADITIVO PLASTIFICANTE TIPO "P" (Aditivo Marca CEMIX - Otto Baumgart)		AREIA FINA (ZONA 2 - NBR 7211/83)			AREIA MÉDIA (ZONA 3 - NBR 7211/83)		
		AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT	AUX 1-ADIT	PILOTO-ADIT	AUX 2-ADIT
		TRAÇO UNITÁRIO	Teor de agregado miúdo (a) (kg)	-	2,885	1,929	3,876
Teor de agregado graúdo (p) (kg)	-		3,883	2,930	4,688	3,806	3,073
Teor de BRITA 1 (B1) (kg)	-		1,942	1,465	2,344	1,903	1,537
Teor de BRITA 2 (B2) (kg)	-		1,941	1,465	2,344	1,903	1,536
Teor de agregado TOTAL (m) (kg)	-		<b>6,768</b>	<b>4,859</b>	<b>8,564</b>	<b>6,772</b>	<b>5,275</b>
Teor de Aditivo Plastif / kg de Cimento (%)	-		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Relação agreg. miúdo/agreg. total (a/p) (%)	-	42,6	39,7	45,3	43,8	41,7	
RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (x) (kg/kg)	-	<b>0,573</b>	<b>0,445</b>	<b>0,701</b>	<b>0,510</b>	<b>0,435</b>	
RELAÇÃO ÁGUA/MISTURA SECA (H) (%)	-	7,376	7,595	7,330	6,562	6,932	
TEOR DE ARGAMASSA SECA ( $\alpha$ ) (%)	-	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	<b>51,0</b>	
ABATIMENTO PELO TRONCO DE CONE(S.T.) (cm)	-	<b>5,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO (MPa)	03 Dias	-	16,7 -	- -	- -	22,5 -	- -
	07 Dias	-	19,4 22,3	32,0 34,1	13,6 15,1	23,3 26,3	25,9 26,3
	28 Dias	-	26,6 27,9	40,1 40,9	21,1 21,1	29,4 30,4	36,0 37,6
CONSUMO DE CIMENTO POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Absoluto	-	298,3	395,7	241,6	303,7	374,4
	Experimental	-	<b>290,0</b>	<b>382,8</b>	<b>231,6</b>	<b>289,2</b>	<b>361,4</b>
TEOR DE AR APRISIONADO (%)	Mét pressométrico	-	1,8	1,6	2,4	2,7	1,9
	Mét gravimétrico	-	2,8	3,3	4,3	4,9	3,6
MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO FRESCO (kg/dm <sup>3</sup> )	SEM ar ( $\gamma_{ca}$ )	-	2,488	2,494	2,483	2,518	2,514
	COM ar ( $\gamma_{cf}$ )	-	2,419	2,413	2,377	2,395	2,425

**OBSERVAÇÕES**

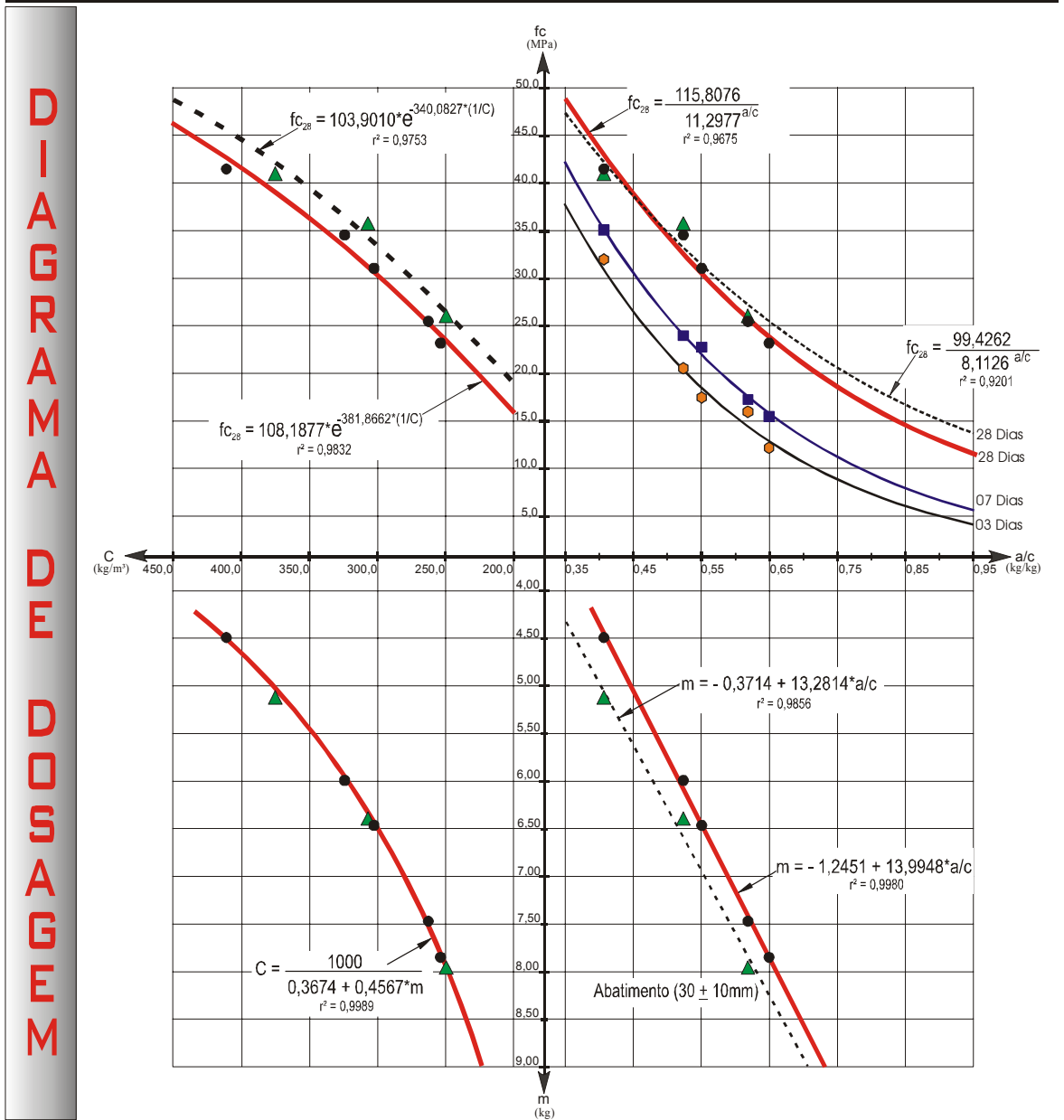
- 1- O DIAGRAMA DE DOSAGEM É O APRESENTADO NAS FIGURAS A2-7 e A2-16 do ANEXO n° 2
- 2- Utilizou-se a porcentagem de 50% de cada um dos agregados GRAÚDOS no traço unitário do concreto
- 3- No traço aditivado foram mantidos constantes os valores de a/c e a, com relação aos traços piloto e auxiliares.
- 4- O teor de ar aprisionado e/ou incorporado foi determinado experimentalmente pelo método Pressométrico (NBR NM 47/94) e pelo método gravimétrico (NBR 9833/87). O valor utilizado é a média dos valores obtidos nos dois métodos.

## 7.2 – ANEXO 2

Diagramas de dosagem para os concretos convencionais (ST  $30\pm 10\text{mm}$ , ST  $60\pm 10\text{mm}$  e ST  $100\pm 20\text{mm}$ ) e aditivados (ST  $30\pm 10\text{mm}$  e ST  $60\pm 10\text{mm}$ ) confeccionados com areia média, fina, brita 1, brita 2 e brita 1+brita 2.

---

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>30 ± 10</b>	<b>α = 50%</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1</b>		



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica ( $\rho$ ) (kg/dm <sup>3</sup> )	Diâmetro Máximo Característico ( $\phi_{max}$ ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

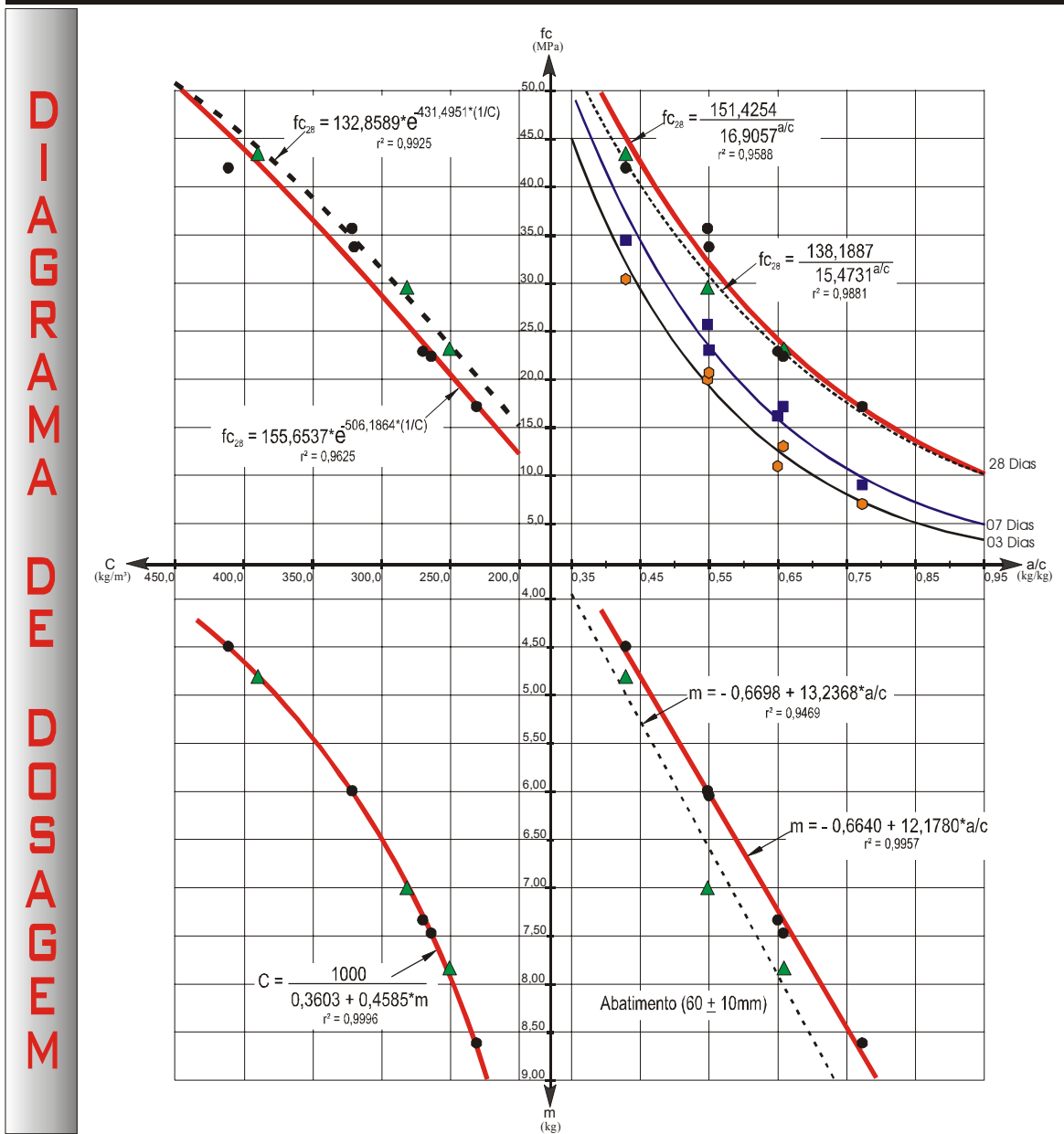
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-1 e A1-10 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-1 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 1**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>60 ± 10</b>	<b>α = 50%</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1</b>		



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>máx</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

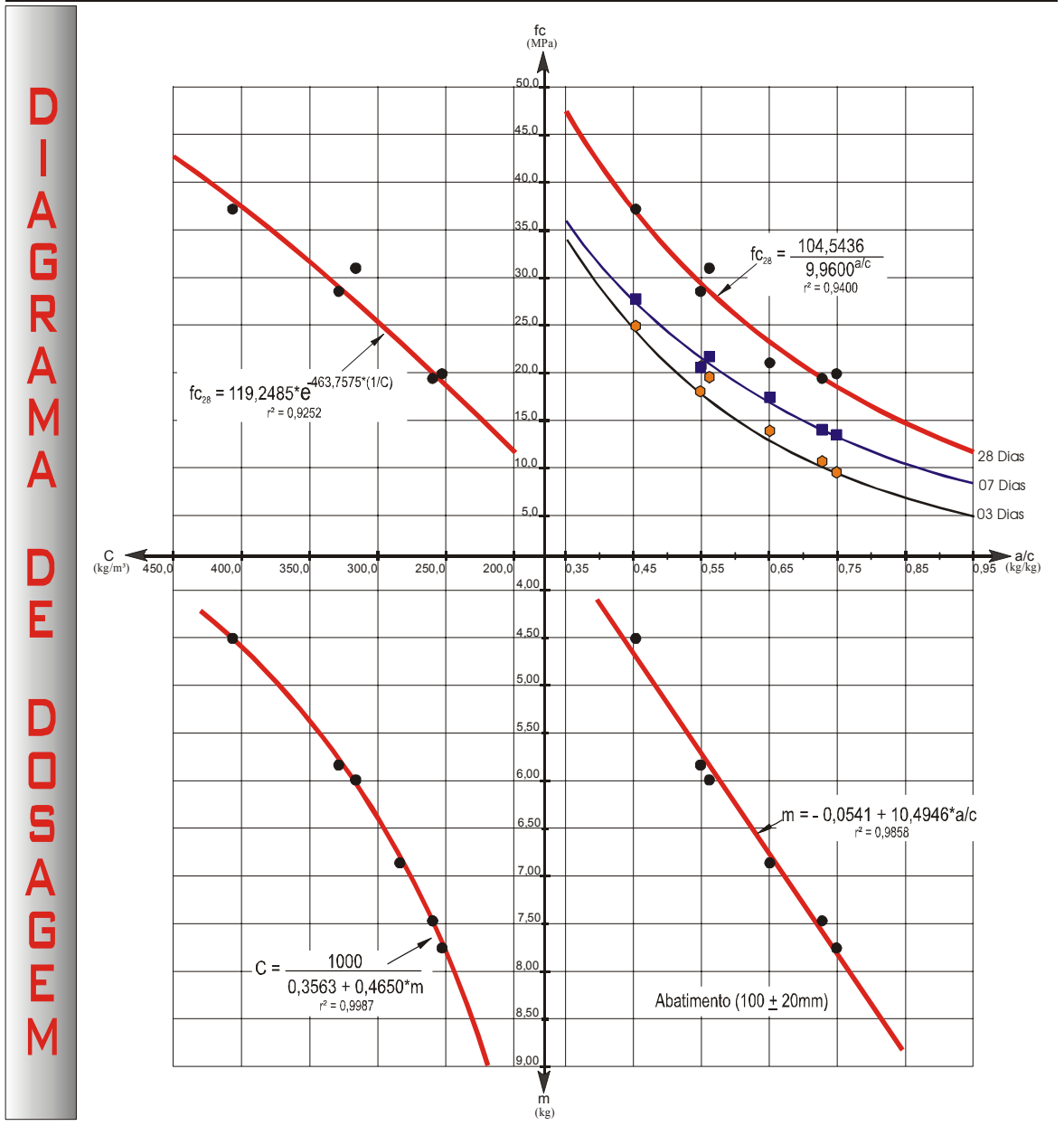
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-2 e A1-11 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-2 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 1**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b>		Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>	<b>ABATIMENTO (S.T.)(mm)</b> <b>100 ± 20</b>	<b>TEOR DE ARGAMASSA</b> <b>α = 52%</b>
---	--	--	---	--



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>m</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

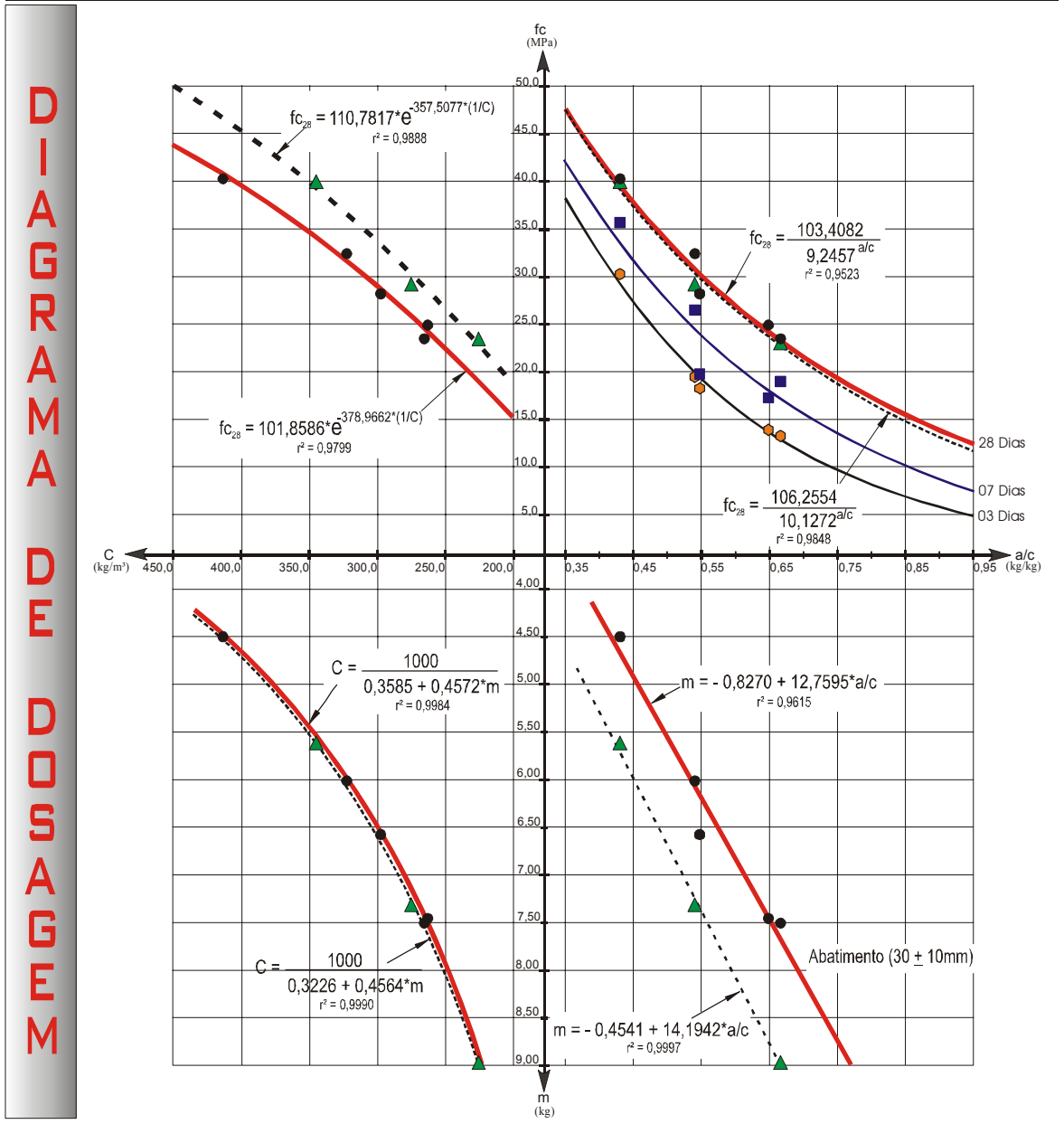
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-3 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

**FIGURA A2-3 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia MÉDIA e Brita 1**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 2</b>	<b>30 ± 10</b>	<b>α = 48%</b>



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>máx</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

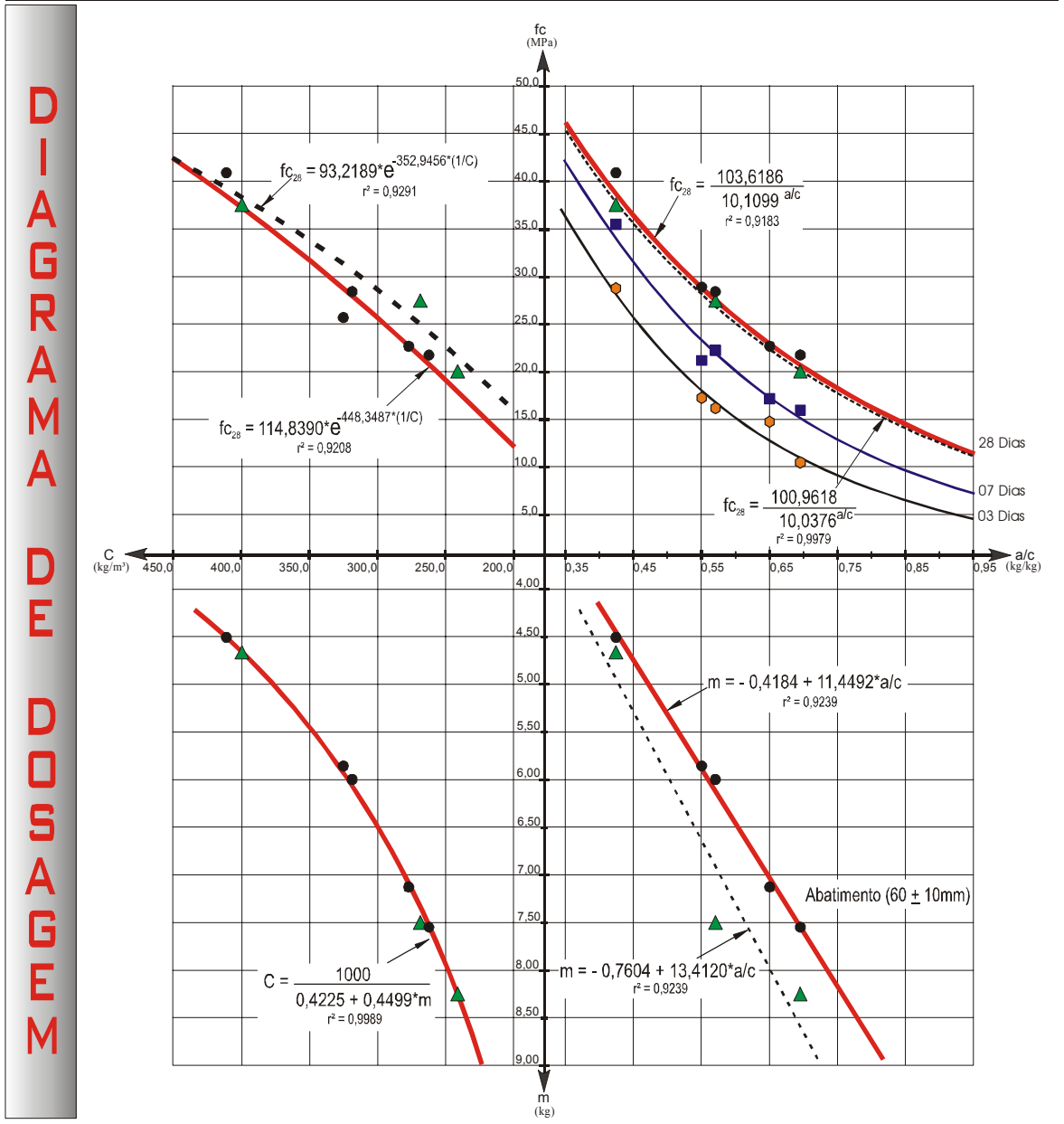
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-4 e A1-12 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-4 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 2**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>60 ± 10</b>	<b>α = 49%</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 2</b>		



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

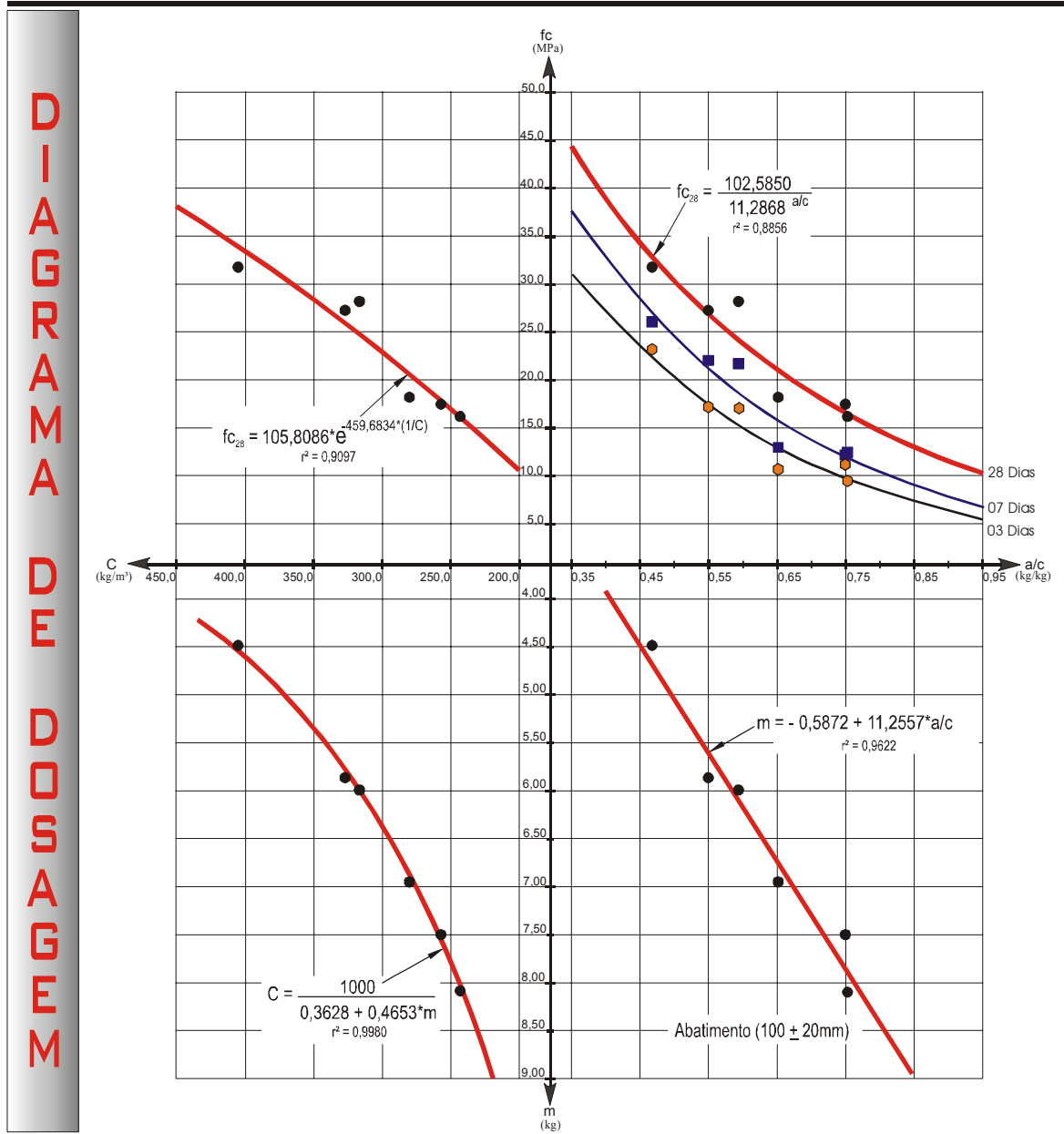
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-5 e A1-13 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-5 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 2**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b>		Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 2</b>	<b>ABATIMENTO (S.T.)(mm)</b> <b>100 ± 20</b>	<b>TEOR DE ARGAMASSA</b> <b>α = 51%</b>
---	--	--	---	--



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

**QUADRO LEGENDA**

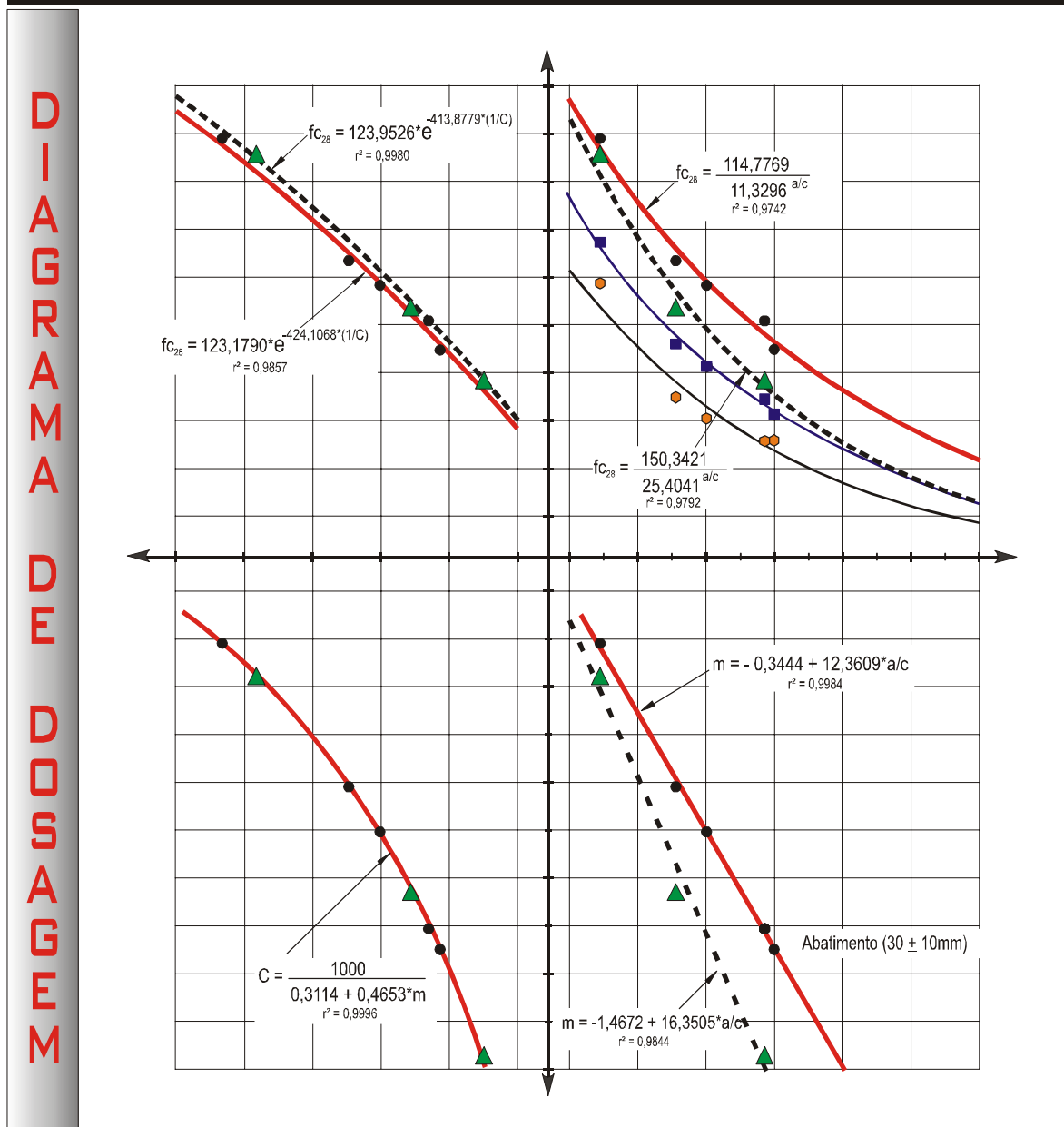
**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-6 do ANEXO n° 1

**FIGURA A2-6 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia MÉDIA e Brita 2**



AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>30 ± 10</b>	<b>α = 50%</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		



OBSERVAÇÕES

MATERIAL			
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

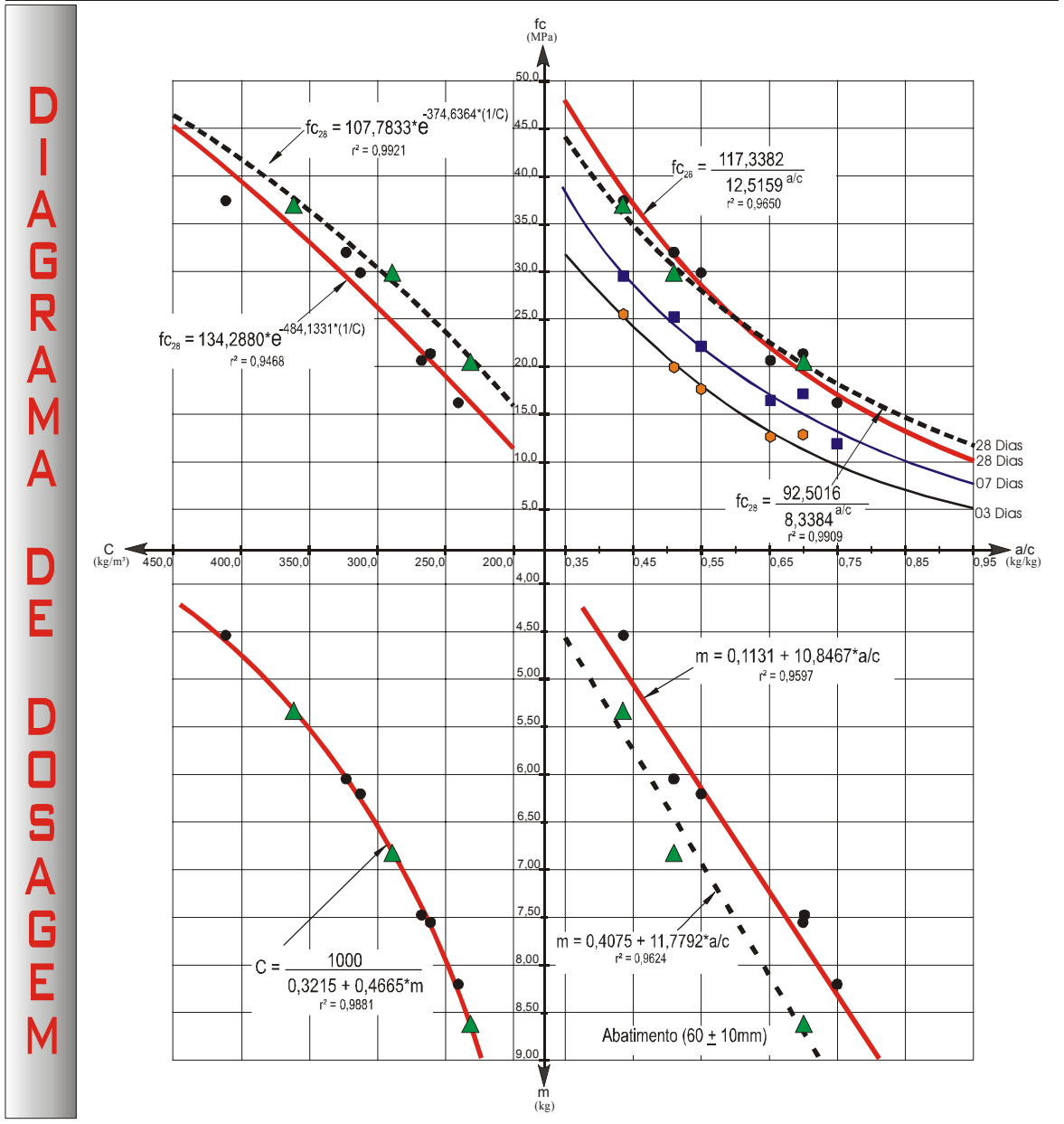
Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-7 e A1-14 do ANEXO nº 1

QUADRO LEGENDA

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-7 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 1 + Brita 2**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b> Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		ABATIMENTO (S.T.)(mm) <b>60 ± 10</b>	TEOR DE ARGAMASSA <b>α = 51%</b>
--	--	---	-------------------------------------



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>máx</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

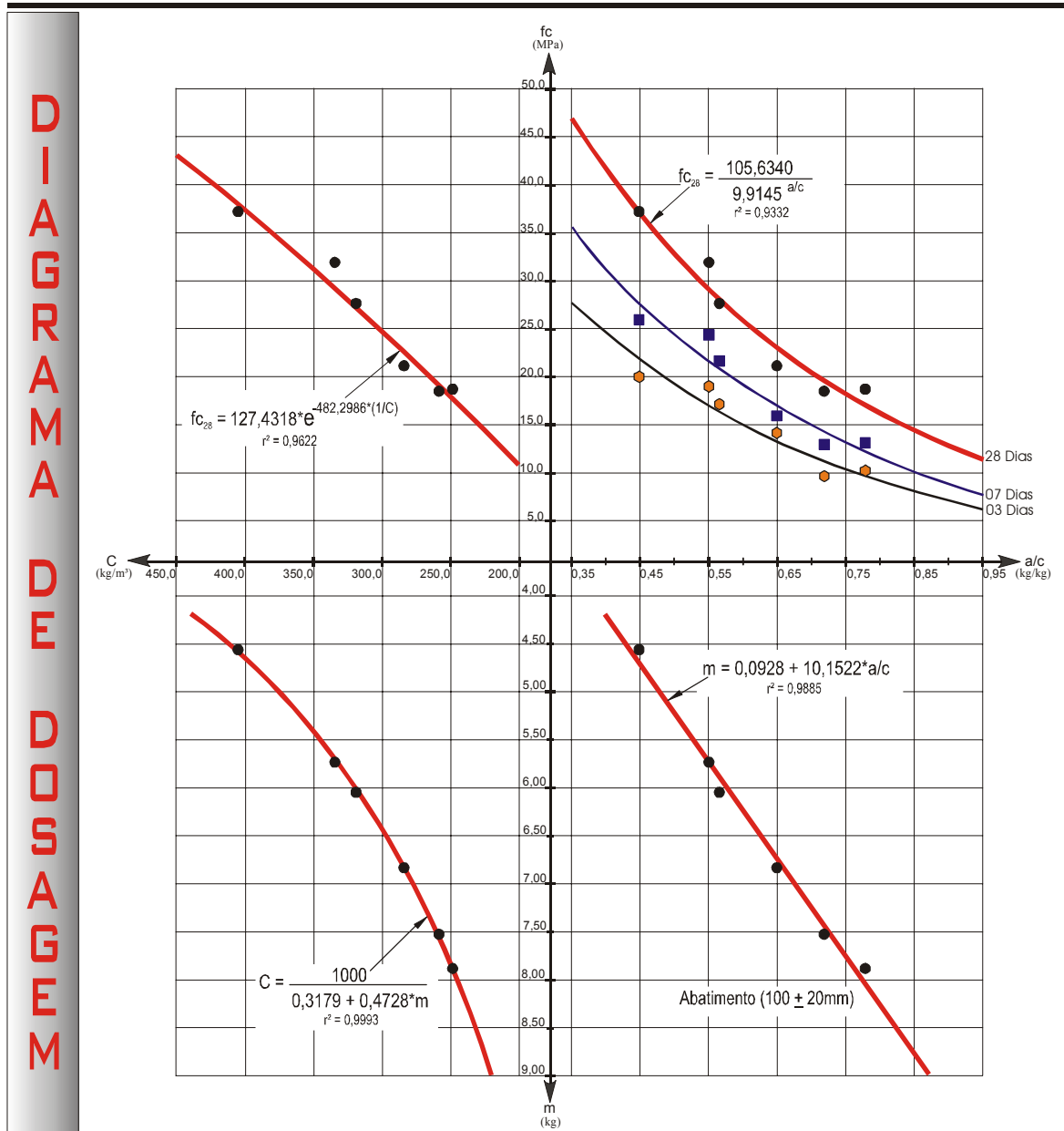
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-8 e A1-15 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

- CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)
- CONCRETO ADITIVADO**  
 (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-8 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia MÉDIA e Brita 1 + Brita 2**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>MÉDIA</b> Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		<b>ABATIMENTO (S.T.)(mm)</b> <b>100 ± 20</b>	<b>TEOR DE ARGAMASSA</b> <b>α = 52%</b>
--	--	---	--



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, MÉDIA	2,642	2,4	2,690
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

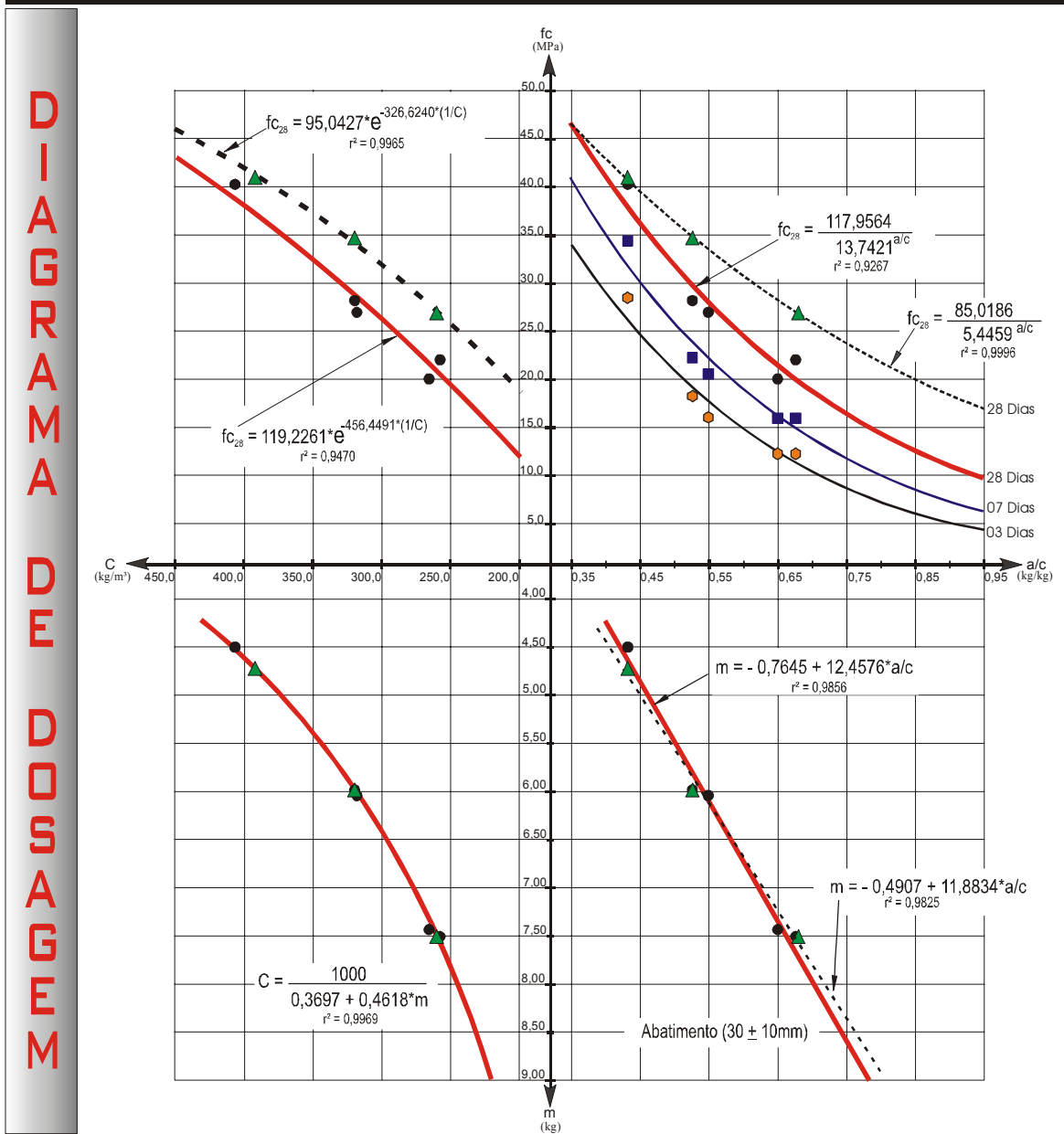
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-9 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

**FIGURA A2-9 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia MÉDIA e Brita 1 + Brita 2**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>	<b>30 ± 10</b>	<b>α = 52%</b>



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica ( $\rho$ ) (kg/dm <sup>3</sup> )	Diâmetro Máximo Característico ( $\phi_{m,c}$ ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

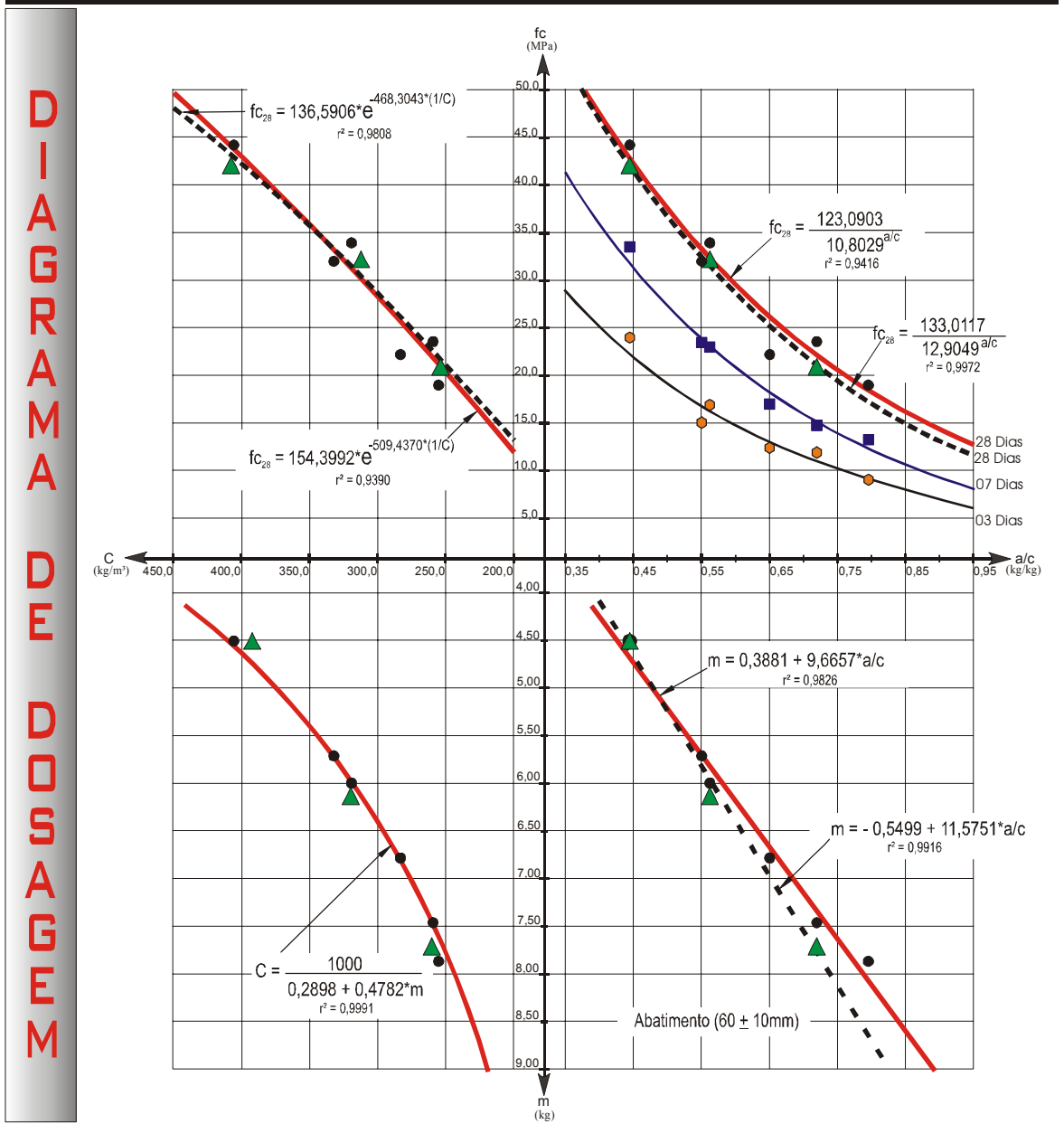
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-1 e A1-10 do ANEXO n° 1

**QUADRO LEGENDA**

- ■ ◆ CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
- ▲ CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-10 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 1**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>	<b>60 ± 10</b>	<b>α = 51%</b>



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>m,c</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

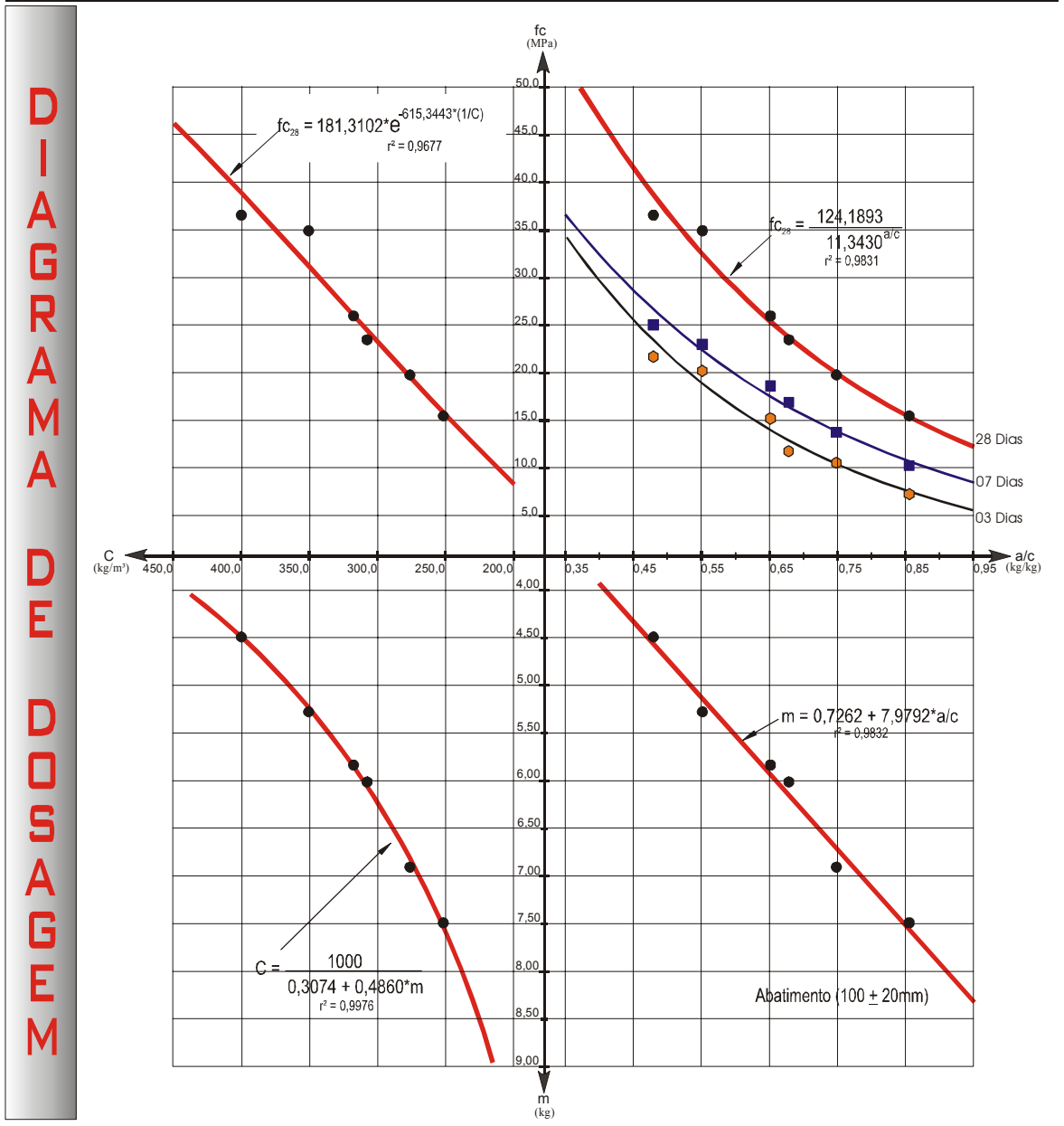
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-2 e A1-11 do ANEXO n° 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-11 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 1**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1</b>	<b>100 ± 20</b>	<b>α = 54%</b>



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

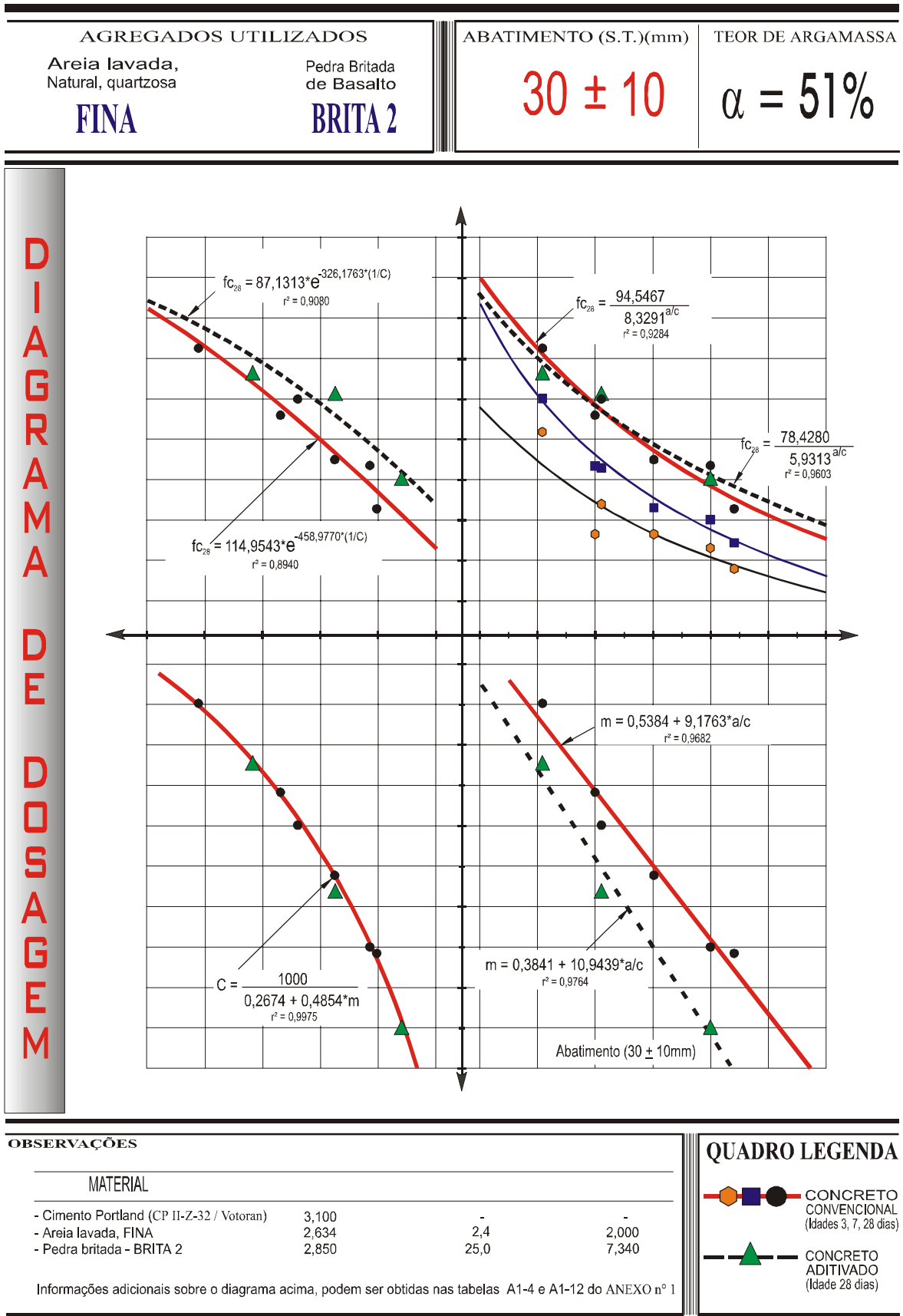
MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,856	19,0	7,000

2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-3 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

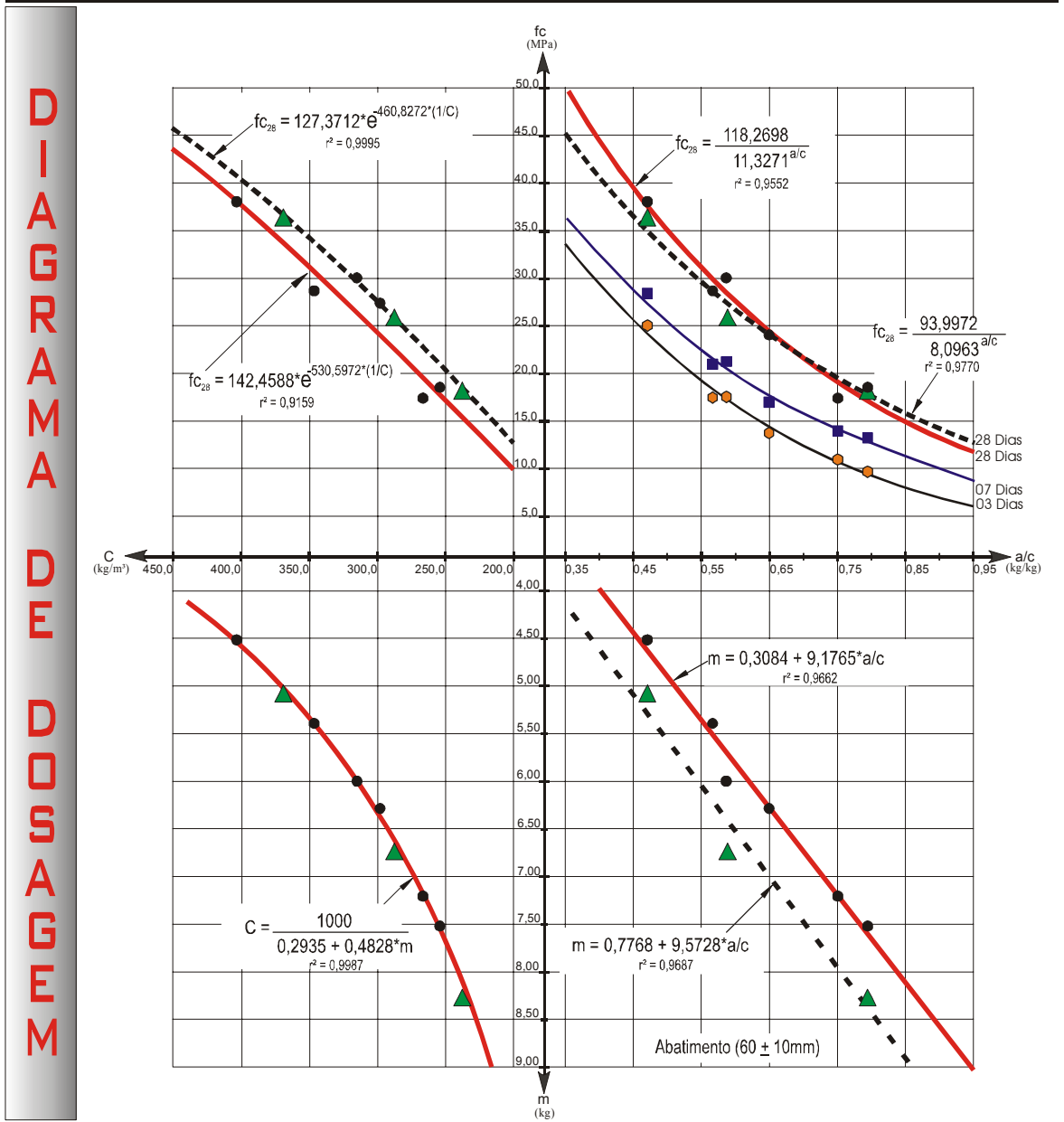
**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

**FIGURA A2-12 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia FINA e Brita 1**



**FIGURA A2-13 – DIAGRAMA DE DOSAGEM –** Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 2

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>60 ± 10</b>	<b>α = 52%</b>
<b>FINA</b>	<b>BRITA 2</b>		



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica ( $\rho$ ) (kg/dm <sup>3</sup> )	Diâmetro Máximo Característico ( $\phi_{m,c}$ ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-5 e A1-13 do ANEXO nº 1

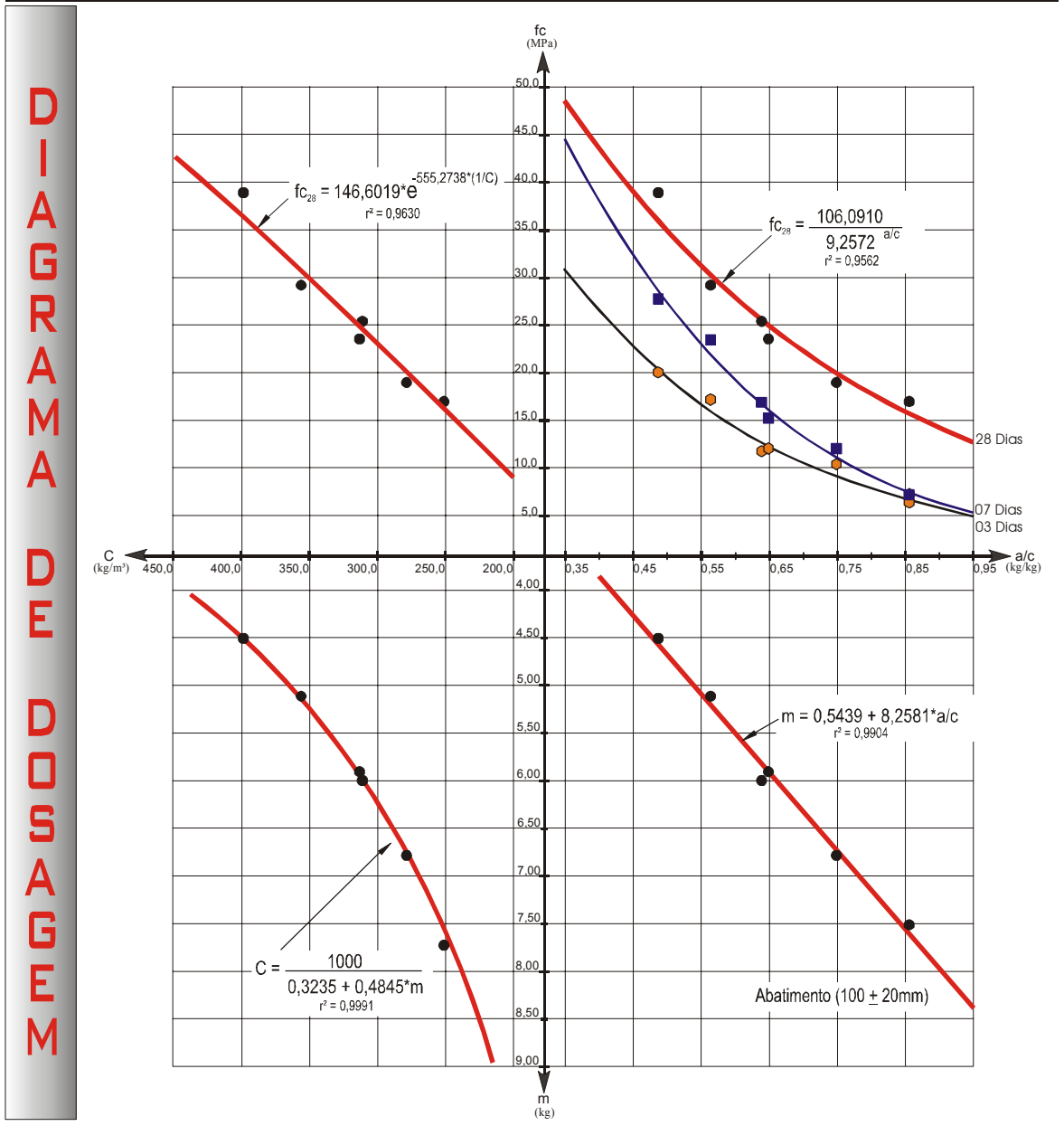
**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-14 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 2**



AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b>	Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 2</b>	<b>100 ± 20</b>	<b>α = 53%</b>



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

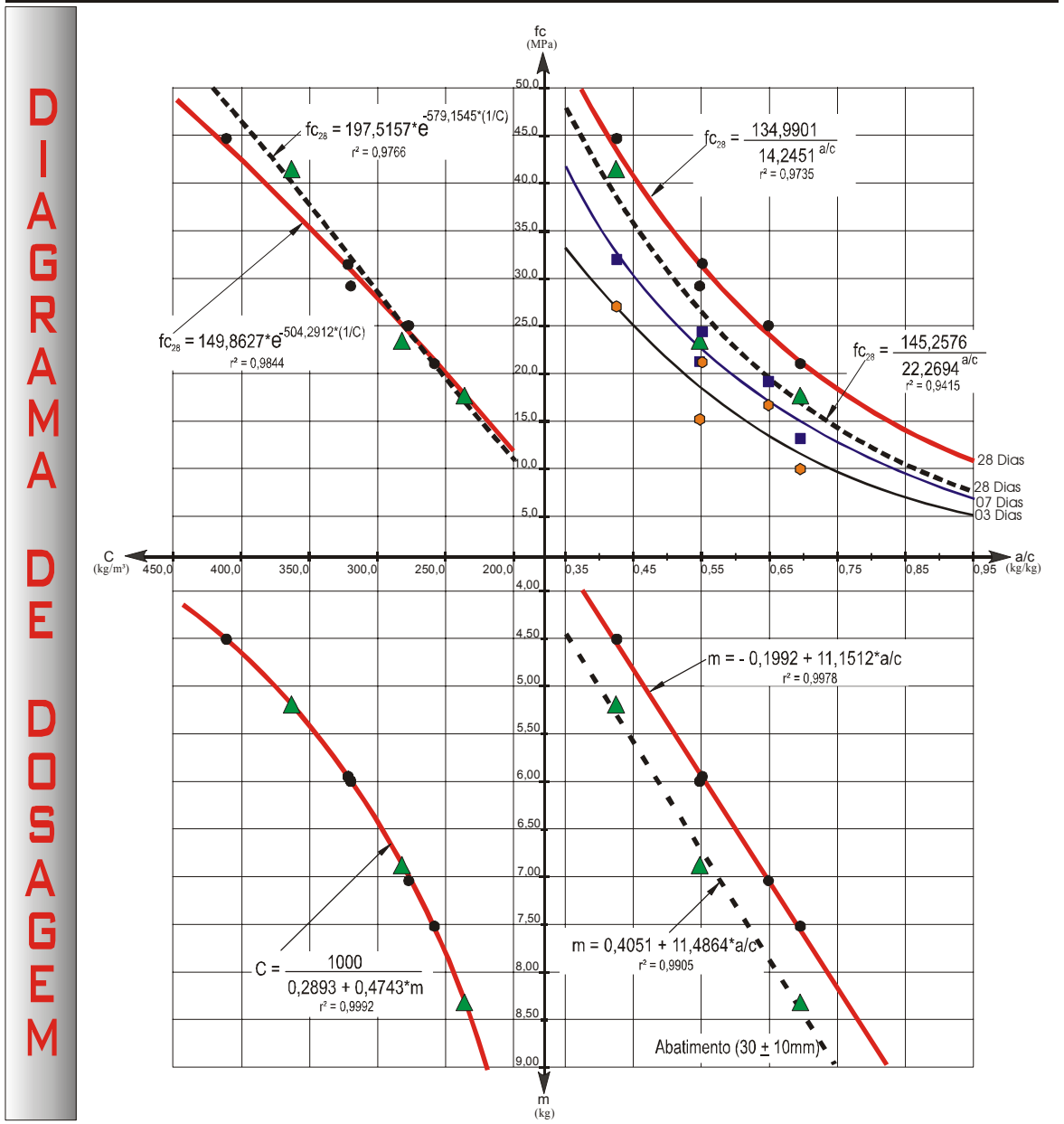
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-6 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

**FIGURA A2-15 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia FINA e Brita 2**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b> Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		<b>ABATIMENTO (S.T.)(mm)</b> <b>30 ± 10</b>	<b>TEOR DE ARGAMASSA</b> <b>α = 49%</b>
---	--	--	--



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm³)	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>máx</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

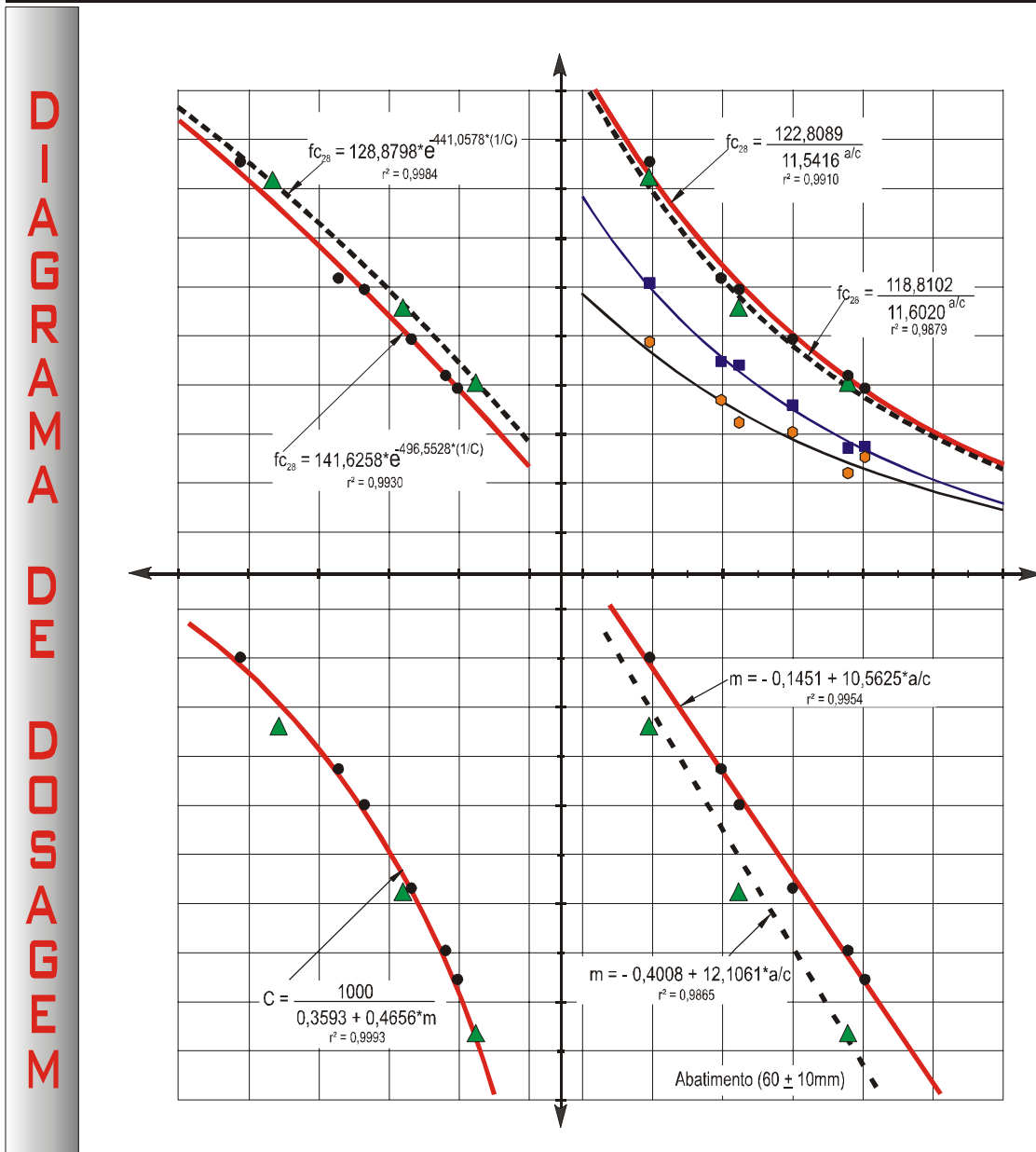
2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-7 e A1-14 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

	CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
	CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-16 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 1 + Brita 2**

AGREGADOS UTILIZADOS		ABATIMENTO (S.T.)(mm)	TEOR DE ARGAMASSA
Areia lavada, Natural, quartzosa	Pedra Britada de Basalto	<b>60 ± 10</b>	<b>α = 50%</b>
<b>FINA</b>	<b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		



**OBSERVAÇÕES**

MATERIAL			
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

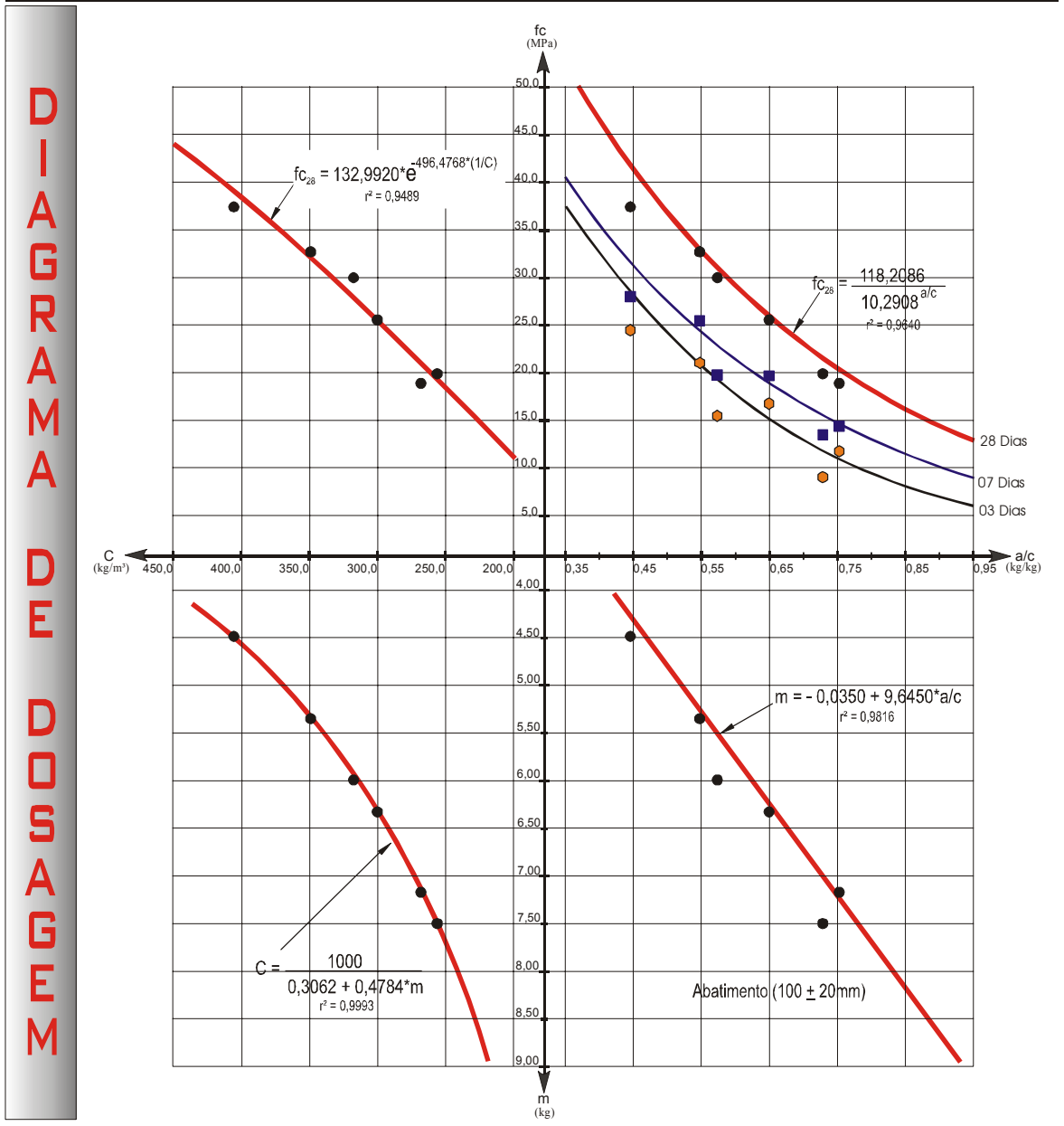
Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas nas tabelas A1-8 e A1-15 do ANEXO nº 1

**QUADRO LEGENDA**

			CONCRETO CONVENCIONAL (Idades 3, 7, 28 dias)
			CONCRETO ADITIVADO (Idade 28 dias)

**FIGURA A2-17 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional e Concreto com aditivo PLASTIFICANTE – TIPO “P”, confeccionados com Areia FINA e Brita 1 + Brita 2**

<b>AGREGADOS UTILIZADOS</b> Areia lavada, Natural, quartzosa <b>FINA</b> Pedra Britada de Basalto <b>BRITA 1 + BRITA 2</b> (50% de cada tipo de Brita)		<b>ABATIMENTO (S.T.)(mm)</b> <b>100 ± 20</b>	<b>TEOR DE ARGAMASSA</b> <b>α = 51%</b>
---	--	---	--



**OBSERVAÇÕES**

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

MATERIAL	Massa Específica (γ) (kg/dm <sup>3</sup> )	Diâmetro Máximo Característico (φ <sub>max</sub> ) (mm)	Módulo de Finura (MF)
- Cimento Portland (CP II-Z-32 / Votoran)	3,100	-	-
- Areia lavada, FINA	2,634	2,4	2,000
- Pedra britada - BRITA 1	2,859	19,0	7,000
- Pedra britada - BRITA 2	2,850	25,0	7,340

2 - Informações adicionais sobre o diagrama acima, podem ser obtidas na tabela A1-9 do ANEXO n° 1

**QUADRO LEGENDA**

**CONCRETO CONVENCIONAL**  
 (Idades 3, 7, 28 dias)

**FIGURA A2-18 – DIAGRAMA DE DOSAGEM – Concreto convencional confeccionado com Areia FINA e Brita 1 + Brita 2**

### 7.3 – ANEXO 3

Tabelas resumos das expressões analíticas obtidas das leis de Abrams, Lyse, Molinary e 4<sup>o</sup> Quadrante determinadas pelo método dos mínimos quadrados, para o caso dos Ábacos de Dosagem.

---

**TABELA A3-1-** Expressões analíticas para as curvas do ábaco de dosagem – CONCRETO CONVENCIONAL – AREIA MÉDIA

LEIS DE COMPORTAMENTO		IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS		
		AM-1	AM-2	AM-3
LEI DE ABRAMS	03 Dias	$f_{c3} = \frac{150,6109}{43,9707^{a/c}}$ $r^2 = 0,9593$	$f_{c3} = \frac{110,3826}{25,7420^{a/c}}$ $r^2 = 0,9291$	$f_{c3} = \frac{77,9603}{14,5556^{a/c}}$ $r^2 = 0,9229$
	07 Dias	$f_{c7} = \frac{127,0904}{23,2121^{a/c}}$ $r^2 = 0,9410$	$f_{c7} = \frac{120,6025}{20,4770^{a/c}}$ $r^2 = 0,8879$	$f_{c7} = \frac{87,6439}{12,0707^{a/c}}$ $r^2 = 0,9418$
	28 Dias	$f_{c28} = \frac{124,4045}{12,7443^{a/c}}$ $r^2 = 0,9440$	$f_{c28} = \frac{113,0158}{11,9911^{a/c}}$ $r^2 = 0,8880$	$f_{c28} = \frac{113,0816}{11,3019^{a/c}}$ $r^2 = 0,9534$
LEI DE LYSE	30±10mm	$m = -1,2451 + 13,9948^{*a/c}$ $r^2 = 0,9980$	$m = -0,8270 + 12,7595^{*a/c}$ $r^2 = 0,9615$	$m = -0,3444 + 12,3609^{*a/c}$ $r^2 = 0,9984$
	60±10mm	$m = -0,6640 + 12,1780^{*a/c}$ $r^2 = 0,9957$	$m = -0,4184 + 11,4492^{*a/c}$ $r^2 = 0,9951$	$m = 0,1131 + 10,8467^{*a/c}$ $r^2 = 0,9597$
	100±20mm	$m = -0,0436 + 10,4747^{*a/c}$ $r^2 = 0,9855$	$m = -0,5853 + 11,2533^{*a/c}$ $r^2 = 0,9621$	$m = 0,0928 + 10,1522^{*a/c}$ $r^2 = 0,9885$
LEI DE MOLINARY		$C = \frac{1000}{0,3376 + 0,4623^{*m}}$ $r^2 = 0,9913$	$C = \frac{1000}{0,3711 + 0,4595^{*m}}$ $r^2 = 0,9961$	$C = \frac{1000}{0,3216 + 0,4675^{*m}}$ $r^2 = 0,9972$
4° QUADRANTE		$f_c = 126,5858 \text{EXP}^{-454,7960^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,8838$	$f_c = 112,9916 \text{EXP}^{-446,8393^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,8037$	$f_c = 130,7146 \text{EXP}^{-471,1459^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,9045$

**OBSERVAÇÕES**

- 1- As equações acima foram obtidas utilizando o Método dos Mínimos Quadrados;
- 2- Os ábacos de dosagens são os apresentados nas figuras 4.1 – 4.2 – 4.3.

**TABELA A3-2-** Expressões analíticas para as curvas do ábaco de dosagem – CONCRETO CONVENCIONAL – AREIA FINA

LEIS DE COMPORTAMENTO		IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS		
		AF-1	AF-2	AF-3
LEI DE ABRAMS	03 Dias	$f_{c3} = \frac{85,2211}{17,2366^{a/c}}$ $r^2 = 0,9422$	$f_{c3} = \frac{85,5991}{17,4013^{a/c}}$ $r^2 = 0,8990$	$f_{c3} = \frac{85,0748}{15,1487^{a/c}}$ $r^2 = 0,8547$
	07 Dias	$f_{c7} = \frac{95,2175}{13,2921^{a/c}}$ $r^2 = 0,9515$	$f_{c7} = \frac{112,4813}{18,1575^{a/c}}$ $r^2 = 0,9225$	$f_{c7} = \frac{97,2020}{13,3659^{a/c}}$ $r^2 = 0,9378$
	28 Dias	$f_{c28} = \frac{107,7551}{9,6144^{a/c}}$ $r^2 = 0,8837$	$f_{c28} = \frac{104,1914}{9,3277^{a/c}}$ $r^2 = 0,9388$	$f_{c28} = \frac{119,7378}{10,9892^{a/c}}$ $r^2 = 0,9660$
LEI DE LYSE	30±10mm	$m = -0,7645 + 12,4576^{*a/c}$ $r^2 = 0,9856$	$m = 0,5384 + 9,1763^{*a/c}$ $r^2 = 0,9682$	$m = -0,1992 + 11,1512^{*a/c}$ $r^2 = 0,9978$
	60±10mm	$m = 0,3881 + 9,6657^{*a/c}$ $r^2 = 0,9826$	$m = 0,3084 + 9,1765^{*a/c}$ $r^2 = 0,9794$	$m = -0,1451 + 10,5625^{*a/c}$ $r^2 = 0,9954$
	100±20mm	$m = 0,7262 + 7,9792^{*a/c}$ $r^2 = 0,9832$	$m = 0,5439 + 8,2581^{*a/c}$ $r^2 = 0,9904$	$m = -0,0305 + 9,6367^{*a/c}$ $r^2 = 0,9815$
LEI DE MOLINARY		$C = \frac{1000}{0,3516 + 0,4708^{*m}}$ $r^2 = 0,9926$	$C = \frac{1000}{0,3102 + 0,4817^{*m}}$ $r^2 = 0,9965$	$C = \frac{1000}{0,3263 + 0,4716^{*m}}$ $r^2 = 0,9980$
4° QUADRANTE		$f_c = 142,5701 \text{EXP}^{-512,2124^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,8677$	$f_c = 130,6319 \text{EXP}^{-506,8574^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,9070$	$f_c = 142,5197 \text{EXP}^{-501,9145^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,9495$

**OBSERVAÇÕES**

- 1- As equações acima foram obtidas utilizando o Método dos Mínimos Quadrados;
- 2- Os ábacos de dosagens são os apresentados nas figuras 4.4 – 4.5 – 4.4.

**TABELA A3-3-** Expressões analíticas para as curvas do ábaco de dosagem – CONCRETO ADITIVADO (Plastificante “P”)– AREIA MÉDIA

LEIS DE COMPORTAMENTO		IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS		
		AM-1 AD	AM-2 AD	AM-3 AD
LEI DE ABRAMS	07 Dias	$f_{c7} = \frac{95,2819}{12,3179^{a/c}}$ $r^2 = 0,9550$	$f_{c7} = \frac{91,2166}{11,8290^{a/c}}$ $r^2 = 0,9108$	$f_{c7} = \frac{89,1093}{12,8647^{a/c}}$ $r^2 = 0,9385$
	28 Dias	$f_{c28} = \frac{118,9769}{11,6238^{a/c}}$ $r^2 = 0,9489$	$f_{c28} = \frac{104,6290}{10,2672^{a/c}}$ $r^2 = 0,9836$	$f_{c28} = \frac{109,8619}{12,4943^{a/c}}$ $r^2 = 0,9092$
LEI DE LYSE	30±10mm	$m = -0,3714 + 13,2814^{*a/c}$ $r^2 = 0,9856$	$m = -0,4541 + 14,1942^{*a/c}$ $r^2 = 0,9977$	$m = -1,4672 + 16,3505^{*a/c}$ $r^2 = 0,9844$
	60±10mm	$m = -0,6698 + 13,2368^{*a/c}$ $r^2 = 0,9469$	$m = -0,7604 + 13,4120^{*a/c}$ $r^2 = 0,9239$	$m = 0,4075 + 11,7792^{*a/c}$ $r^2 = 0,9624$
LEI DE MOLINARY		$C = \frac{1000}{0,2722 + 0,4706^{*m}}$ $r^2 = 0,9983$	$C = \frac{1000}{0,3708 + 0,4518^{*m}}$ $r^2 = 0,9974$	$C = \frac{1000}{0,2472 + 0,4759^{*m}}$ $r^2 = 0,9995$
4° QUADRANTE		$f_c = 119,9209 \text{EXP}^{-392,3325^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,9576$	$f_c = 95,55179 \text{EXP}^{-337,9748^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,8566$	$f_c = 117,1636 \text{EXP}^{-398,1692^{*(1/C)}}$ $r^2 = 0,9936$

**OBSERVAÇÕES**

- 1- As equações acima foram obtidas utilizando o Método dos Mínimos Quadrados;
- 2- Os ábacos de dosagens são os apresentados nas figuras 4.7 – 4.8 – 4.9.



**TABELA A3-4-** Expressões analíticas para as curvas do ábaco de dosagem – CONCRETO ADITIVADO (Plastificante “P”)– AREIA FINA

LEIS DE COMPORTAMENTO		IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS		
		AF-1 AD	AF-2 AD	AF-3 AD
LEI DE ABRAMS	07 Dias	$f_{c7} = \frac{133,3919}{17,8377^{a/c}}$ $r^2 = 0,9891$	$f_{c7} = \frac{83,5565}{10,1056^{a/c}}$ $r^2 = 0,9902$	$f_{c7} = \frac{106,3577}{15,8250^{a/c}}$ $r^2 = 0,9234$
	28 Dias	$f_{c28} = \frac{109,5237}{8,9381^{a/c}}$ $r^2 = 0,9567$	$f_{c28} = \frac{86,6625}{7,0630^{a/c}}$ $r^2 = 0,9663$	$f_{c28} = \frac{124,6315}{14,5452^{a/c}}$ $r^2 = 0,8809$
LEI DE LYSE	30±10mm	$m = -0,4907 + 11,8834^{*a/c}$ $r^2 = 0,9825$	$m = 0,3841 + 10,9439^{*a/c}$ $r^2 = 0,9764$	$m = 0,4051 + 11,4864^{*a/c}$ $r^2 = 0,9905$
	60±10mm	$m = -0,5499 + 11,5751^{*a/c}$ $r^2 = 0,9916$	$m = 0,7768 + 9,5728^{*a/c}$ $r^2 = 0,9687$	$m = -0,4008 + 12,1061^{*a/c}$ $r^2 = 0,9865$
LEI DE MOLINARY		$C = \frac{1000}{0,4662 + 0,4494^{*m}}$ $r^2 = 0,9967$	$C = \frac{1000}{0,2869 + 0,4753^{*m}}$ $r^2 = 0,9987$	$C = \frac{1000}{0,3380 + 0,4653^{*m}}$ $r^2 = 0,9989$
4° QUADRANTE		$f_c = 118,2126 \text{EXP}^{-409,3260^{(1/C)}}$ $r^2 = 0,9251$	$f_c = 102,9619 \text{EXP}^{-386,2242^{(1/C)}}$ $r^2 = 0,9059$	$f_c = 158,0019 \text{EXP}^{-508,1998^{(1/C)}}$ $r^2 = 0,9620$

**OBSERVAÇÕES**

- 1- As equações acima foram obtidas utilizando o Método dos Mínimos Quadrados;
- 2- Os ábacos de dosagens são os apresentados nas figuras 4.10 – 4.11 – 4.12.

#### 7.4 – ANEXO 4

Alguns ensaios de caracterização de amostras de agregados da região.



**TABELA A4-1 – Curvas granulométricas de areia lavada, natural, quartzosa – AREIAS FINAS. (ZONA 2 / NBR 7211/83)**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (Peneira x Material Retido e Acumulado)	Peneiras (mm)	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DE AREIAS FINAS						Limites NBR 7211/83	
		REFER.	JOMAPI 1	GUAÍRA-1	PONTAL-1	PONTAL-2	GUAÍRA-3	INFERIOR	SUPERIOR
	9,5	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0
	6,3	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	7
	4,8	<b>0</b>	0	1	0	0	0	0	10
	2,4	<b>3</b>	2	2	2	1	1	0	15
	1,2	<b>6</b>	11	10	11	6	9	0	25
	0,6	<b>23</b>	33	34	27	16	29	21	40
	0,3	<b>70</b>	89	88	67	56	77	60	88
	0,15	<b>98</b>	99	99	98	98	99	90	100
Fundos	<b>100</b>	100	100	100	100	100	-	-	
$\phi_{\text{máx}}$	<b>2,4mm</b>	2,4mm	2,4mm	2,4mm	2,4mm	2,4mm			
MF	<b>2,000</b>	2,340	2,340	2,050	1,770	2,150			

OUTROS ENSAIOS		IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS					
		REFER.	JOMAPI 1	GUAÍRA-1	PONTAL-1	PONTAL-2	GUAÍRA-3
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		<b>2,630</b>	2,663	2,620	2,648	2,645	2,660
Massa Unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	Solta	<b>1,593</b>	1,565	1,550	1,638	1,558	1,586
	Compactada	<b>1,671</b>	1,635	1,612	1,787	1,687	1,779
Espaços Vazios (e <sub>v</sub> ) (%)	Solta	<b>39,4%</b>	41,3%	40,8%	38,1%	41,1%	40,4%
	Compactada	<b>36,5%</b>	38,6%	38,5%	32,5%	36,2%	33,1%
Coeficiente de Inchamento das areias	MÉDIO	<b>1,310</b>	1,283	1,337	1,293	1,305	1,287
	Umidade (h)	<b>3,6%</b>	3,5%	3,5%	4,2%	4,4%	3,2%

#### OBSERVAÇÕES

1 –  $\phi_{\text{máx}}$  = Diâmetro Máximo Característico do agregado (mm)

2 – MF = Módulo de Finura

3 – O teor de umidade refere-se ao inchamento médio

4 – Os dados do material utilizado na pesquisa está identificado na curva de REFERÊNCIA (REFER.)

5 – A figura A4-1 mostra as curvas granulométricas destas areias

**TABELA A4-2** – Curvas granulométricas de areia lavada, natural, quartzosa – AREIAS MÉDIAS. (ZONA 3 / NBR 7211/83)

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (Peneira x Material Retido e Acumulado)	Peneiras (mm)	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DE AREIAS MÉDIAS						Limites NBR 7211/83	
		REFER.	MALAC-1	PONTAL-3	CAIUÁ-2	S JOSÉ-5	PONTAL-4	INFERIOR	SUPERIOR
	9,5	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0
	6,3	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	7
	4,8	<b>0</b>	1	1	2	0	0	0	11
	2,4	<b>5</b>	6	9	8	3	3	0	25
	1,2	<b>23</b>	20	24	24	17	14	10	45
	0,6	<b>53</b>	57	52	51	46	52	41	65
	0,3	<b>89</b>	89	79	87	81	89	70	92
	0,15	<b>99</b>	99	98	98	99	100	90	100
	Fundos	<b>100</b>	100	100	100	100	100	-	-
	$\phi_{\text{máx}}$	<b>2,4mm</b>	4,8mm	4,8mm	4,8mm	2,4mm	2,4mm		
	MF	<b>2,690</b>	2,720	2,630	2,700	2,460	2,580		

OUTROS ENSAIOS		IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS					
		REFER.	MALAC-1	PONTAL-3	CAIUÁ-2	S JOSÉ-5	PONTAL-4
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		<b>2,642</b>	2,638	2,640	2,640	2,658	2,648
Massa Unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	Solta	<b>1,602</b>	1,639	1,597	1,609	1,612	1,608
	Compactada	<b>1,684</b>	1,835	1,813	1,835	1,835	1,838
Espaços Vazios (e <sub>v</sub> ) (%)	Solta	<b>39,4%</b>	37,9%	39,5%	39,1%	39,4%	39,7%
	Compactada	<b>36,2%</b>	30,4%	31,3%	30,5%	31,0%	30,6%
Coeficiente de Inchamento das areias	MÉDIO	<b>1,290</b>	1,278	1,301	1,278	1,293	1,302
	Umidade (h)	<b>3,3%</b>	4,0%	4,2%	4,0%	4,5%	4,5%

#### OBSERVAÇÕES

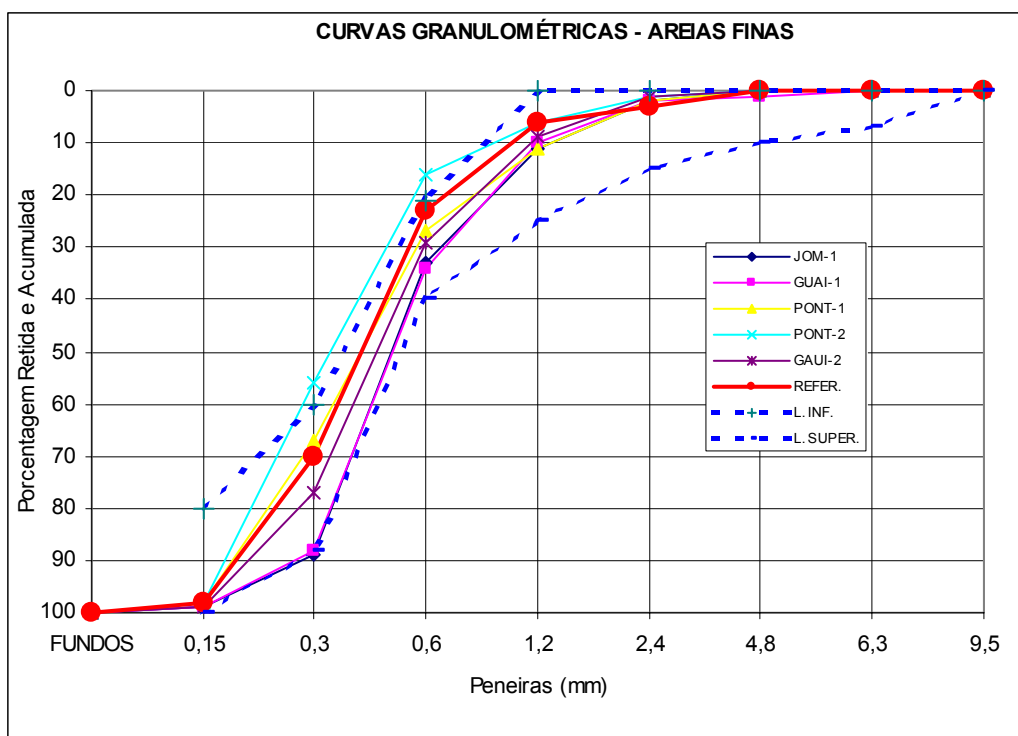
1 –  $\phi_{\text{máx}}$  = Diâmetro Máximo Característico do agregado (mm)

2 – MF = Módulo de Finura

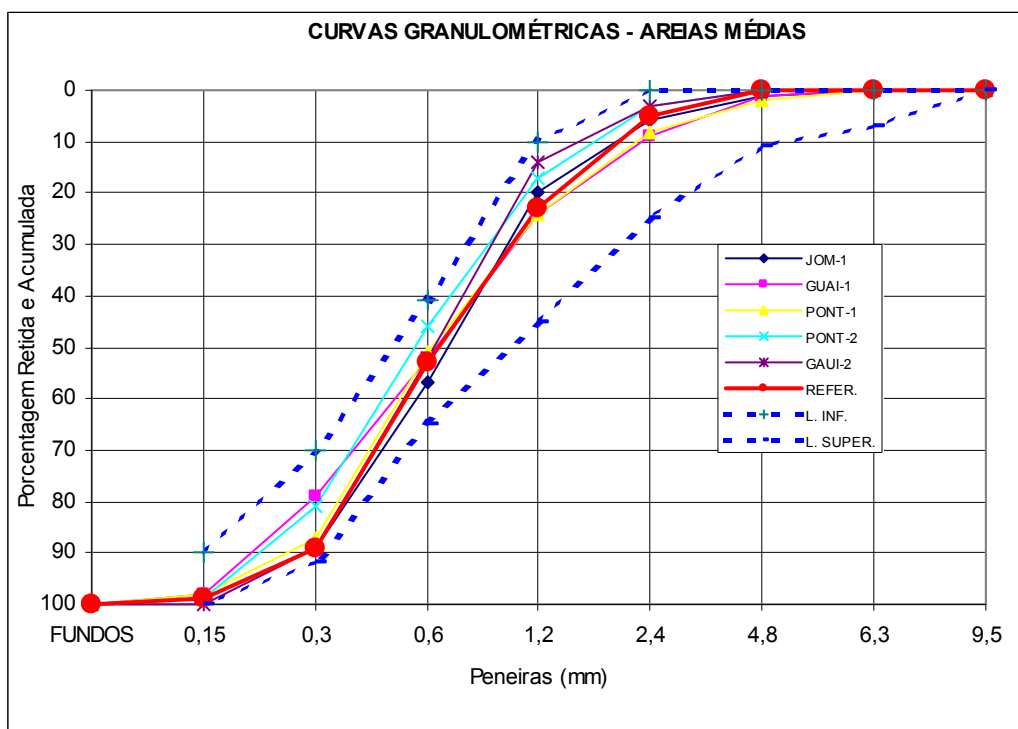
3 – O teor de umidade refere-se ao inchamento médio

4 – Os dados do material utilizado na pesquisa está identificado na curva de REFERÊNCIA (**REFER.**)

5 – A figura A4-2 mostra as curvas granulométricas destas areias



**FIGURA A4-1** – Curvas granulométricas de areia lavada, natural, quartzosa – AREIAS FINAS. (ZONA 2 / NBR 7211/83)



**FIGURA A4-2** – Curvas granulométricas de areia lavada, natural, quartzosa – AREIAS MÉDIAS. (ZONA 3 / NBR 7211/83)

**TABELA A4-3 – Ensaio de caracterização de pedra britada de basalto – BRITA 1.  
(NBR 7211/83)**

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (Peneira x Material Retido e Acumulado)	Peneiras (mm)	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS - BRITA 1						Limites NBR 7211/83	
		REFER.	ANDREIS	PALOTINA	MANDAG.	MAUÁ	INGÁ	INFERIOR	SUPERIOR
		1	1	1	1	1	1		
	32	<b>0</b>	0	0	0	0	0		
	25	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0
	19	<b>0</b>	0	0	4	1	5	0	10
	12,7	<b>95</b>	22	43	55	96	92	-	-
	9,5	<b>100</b>	74	72	94	99	99	80	100
	6,3	<b>100</b>	98	96	100	99	99	92	100
	4,8	<b>100</b>	99	97	100	99	99	95	100
	2,4	<b>100</b>	100	99	100	99	99	-	-
	1,2	<b>100</b>	100	99	100	99	99		
	0,6	<b>100</b>	100	99	100	99	99		
	0,3	<b>100</b>	100	99	100	99	99		
	0,15	<b>100</b>	100	99	100	99	99		
	Fundos	<b>100</b>	100	100	100	100	100		
	$\phi_{\text{máx}}$	<b>19mm</b>	19mm	19mm	19mm	19mm	19mm		
	MF	<b>7,000</b>	6,730	6,640	6,980	6,940	6,990		

OUTROS ENSAIOS		IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS					
		REFER.	ANDREIS	PALOTINA	MANDAG.	MAUÁ	INGÁ
			1	1	1	1	1
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		<b>2,859</b>	2,863	2,640	2,699	2,844	2,732
Massa Unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	Solta	<b>1,540</b>	1,539	1,554	1,423	1,505	1,521
	Compactada	<b>1,738</b>	1,678	1,685	1,655	1,632	1,655
Espaços Vazios (e <sub>v</sub> ) (%)	Solta	<b>46,1%</b>	46,2%	41,0%	47,3%	47,1%	44,3%
	Compactada	<b>39,2%</b>	41,4%	36,2%	38,7%	42,6%	39,4%

#### OBSERVAÇÕES

1 –  $\phi_{\text{máx}}$  = Diâmetro Máximo Característico do agregado (mm)

2 – MF = Módulo de Finura

4 – Os dados do material utilizado na pesquisa está identificado na curva de REFERÊNCIA (**REFER.**)

3 – A figura A4-3 mostra as curvas granulométricas destas areias

**TABELA A4-4 – Ensaio de caracterização de pedra britada de basalto – BRITA 2.  
(NBR 7211/83)**

	Peneiras (mm)	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS - BRITA 2						Limites NBR 7211/83	
		REFER.	INGÁ 2	PALOTINA 2	PALOTINA 3	EXTRACON	MAUÁ 3	INFERIOR	SUPERIOR
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (Peneira x Material Retido e Acumulado)	32	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0
	25	<b>0</b>	1	5	0	0	3	0	25
	19	<b>34</b>	73	80	29	10	47	75	100
	12,7	<b>99</b>	99	100	99	94	96	90	100
	9,5	<b>100</b>	100	100	100	100	98	95	100
	6,3	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	4,8	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	2,4	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	1,2	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	0,6	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	0,3	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	0,15	<b>100</b>	100	100	100	100	99		
	Fundos	<b>100</b>	100	100	100	100	100		
	$\phi_{\text{máx}}$	<b>25mm</b>	25mm	25mm	25mm	25mm	25mm		
MF	<b>7,340</b>	7,730	7,800	7,290	7,090	7,430			

OUTROS ENSAIOS		IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS					
		REFER.	INGÁ 2	PALOTINA 2	PALOTINA 3	EXTRACON	MAUÁ 3
Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )		<b>2,850</b>	2,761	2,875	2,865	2,785	2,805
Massa Unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	Solta	<b>1,510</b>	1,458	1,525	1,549	1,485	1,438
	Compactada	<b>1,747</b>	1,535	1,692	1,682	1,682	1,672
Espaços Vazios (e <sub>v</sub> ) (%)	Solta	<b>47,0%</b>	47,2%	47,0%	45,9%	46,7%	48,7%
	Compactada	<b>38,7%</b>	44,4%	41,1%	41,3%	39,6%	40,4%

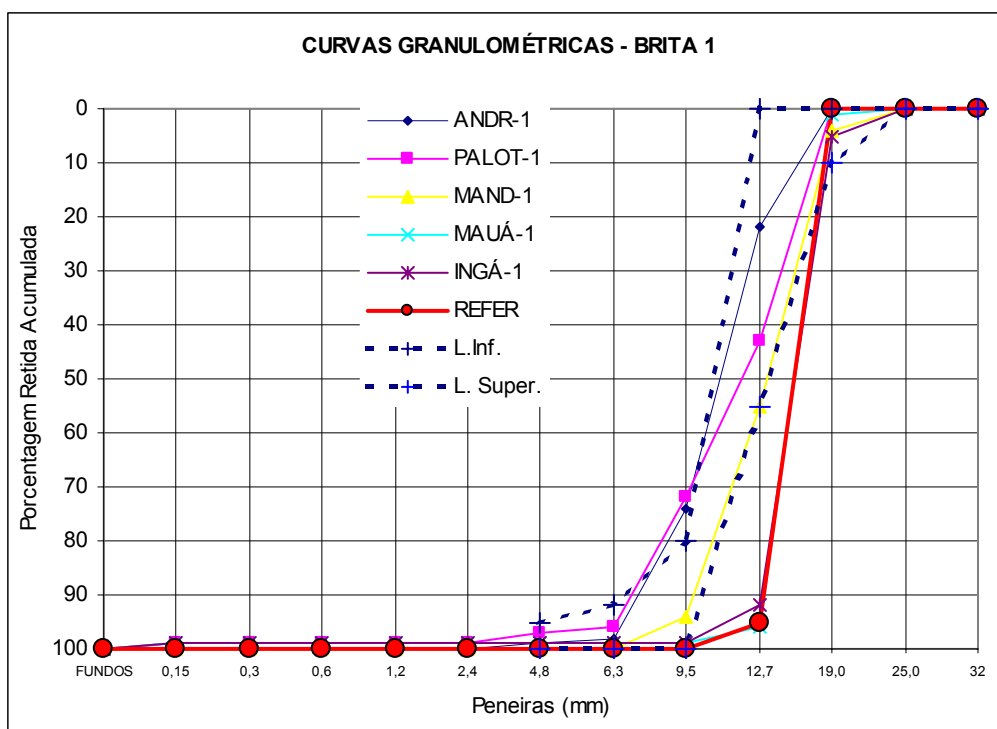
#### OBSERVAÇÕES

1 –  $\phi_{\text{máx}}$  = Diâmetro Máximo Característico do agregado (mm)

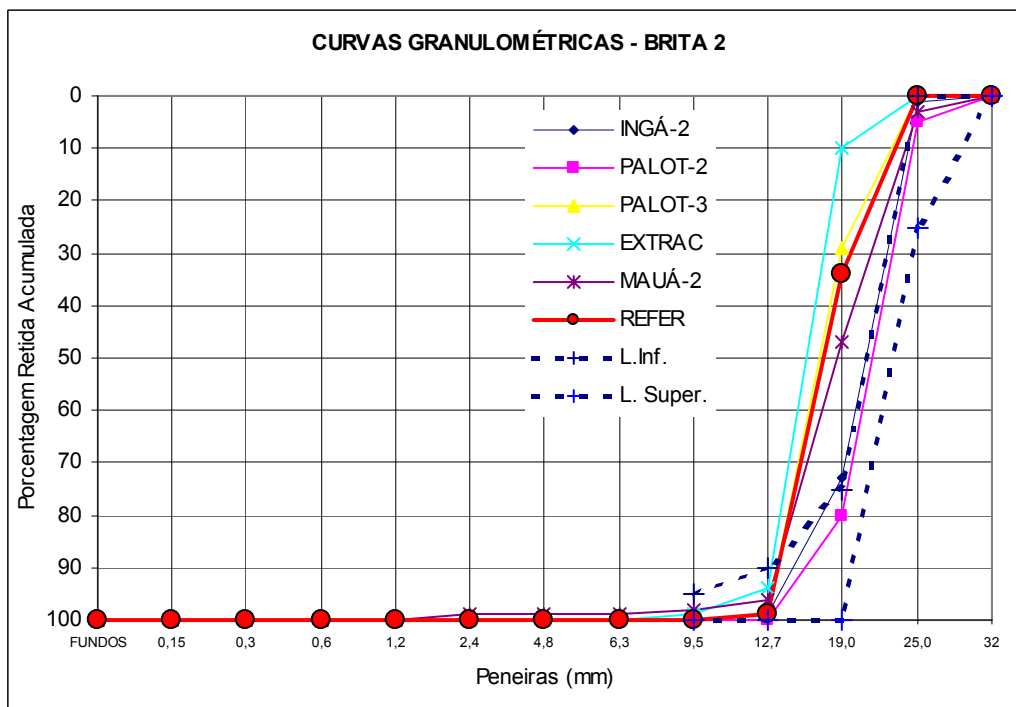
2 – MF = Módulo de Finura

4 – Os dados do material utilizado na pesquisa está identificado na curva de REFERÊNCIA (**REFER.**)

3 – A figura A4-4 mostra as curvas granulométricas destas areias



**FIGURA A4-3** – Curvas granulométricas de pedra britada de basalto – BRITA 1. (NBR 7211/83)



**FIGURA A4-4** – Curvas granulométricas de pedra britada de basalto – BRITA 2. (NBR 7211/83)



## 7.5 – ANEXO 5

Alguns exemplos de traços  
determinados por meio do Ábaco de  
dosagem.

---

**TABELA A5-1** : Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-1 do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>			Capacidade mínima do equipamento de mistura <b>320 Litros</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO <b>fck = 20,0 MPa</b>	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM <b>Sd = 5,5MPa</b>	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM <b>fc<sub>28</sub> = 29,1MPa</b>	ABATIMENTO (SLUMP TEST) <b>60±10mm</b>	TIPO DE CIMENTO <b>CP II – Z - 32</b>
TEOR DE ARGAMASSA (a) <b>α = 50%</b>	CONSUMO DE CIMENTO/M³ <b>C = 307,11 kg/m³</b>	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b> <b>1,000 : 2,645 : 3,645 : 0,571</b>		
<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>			<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m³)	Volume dos materiais soltos e úmidos	Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	307,11	6,14 Sacos	- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lavada – MÉDIA	812,31	0,654m³	- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 22,5)cm
- Brita 1	1.119,42	0,727m³	- Brita 1	4 cx (35 x 45 x 18,8)cm
- Água	175,36	0,147m³	- Água	Até 23,9 Litros
- Coeficiente de Inchaço Médio	1,290		Volume de concreto por betonada = <b>162,80dm³</b>	
- Teor de umidade (h)	3,5 %			
<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	<p>1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m³ de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS n° 3.4 a 3.6</p> <p>2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.1</p> <p>3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas</p>	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	23,3		
- Chuva recente	6,0	20,6		
- Chuva na véspera	8,0	18,0		
- Está chovendo	10,0	15,3		

**TABELA A5-2** : Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-2 do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>			Capacidade mínima do equipamento de mistura <b>320 Litros</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO  fck = 20,0 MPa	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM  Sd = 5,5MPa	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM  fc <sub>28</sub> = 29,1MPa	ABATIMENTO (SLUMP TEST)  60±10mm	TIPO DE CIMENTO  CP II – Z - 32
TEOR DE ARGAMASSA (a)  α = 49%	CONSUMO DE CIMENTO/M <sup>3</sup>  C = 327,18 kg/m <sup>3</sup>	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b>  <b>1,000 : 2,354 : 3,490 : 0,547</b>		
<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>			<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m <sup>3</sup> )	Volume dos materiais soltos e úmidos	Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	327,18	6,54 Sacos	- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lavada – MÉDIA	770,18	0,620m <sup>3</sup>	- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 20,1)cm
- Brita 2	1.141,86	0,756m <sup>3</sup>	- Brita 2	4 cx (35 x 45 x 18,3)cm
- Água	178,97	0,152m <sup>3</sup>	- Água	Até 23,2 Litros
- Coeficiente de Inchaço Médio	1,290		Volume de concreto por betonada = <b>152,82dm<sup>3</sup></b>	
- Teor de umidade (h)	3,5 %			
<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	<p>1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m<sup>3</sup> de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS N° 3.4, 3.5 e 3.7</p> <p>2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.2</p> <p>3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas</p>	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	22,6		
- Chuva recente	6,0	20,3		
- Chuva na véspera	8,0	17,9		
- Está chovendo	10,0	15,6		

**TABELA A5-3:** Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-3 do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>			Capacidade mínima do equipamento de mistura <b>320 Litros</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO <b>fck = 20,0 MPa</b>	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM <b>Sd = 5,5MPa</b>	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM <b>fc<sub>28</sub> = 29,1MPa</b>	ABATIMENTO (SLUMP TEST) <b>60±10mm</b>	TIPO DE CIMENTO <b>CP II – Z - 32</b>
TEOR DE ARGAMASSA (a) <b>α = 51%</b>	CONSUMO DE CIMENTO/M <sup>3</sup> <b>C = 311,01 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b> <b>1,000 : 2,665 : 1,761 : 1,761 : 0,560</b>		
<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>			<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m <sup>3</sup> )	Volume dos materiais soltos e úmidos	Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	311,01	6,22 Sacos	- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lavada – MÉDIA	828,84	0,667m <sup>3</sup>	- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 22,7)cm
- Brita 1	547,69	0,356m <sup>3</sup>	- Brita 1	2 cx (35 x 45 x 18,2)cm
- Brita 2	547,69	0,363m <sup>3</sup>	- Brita 2	2 cx (35 x 45 x 18,5)cm
- Água	174,17	0,145m <sup>3</sup>	- Água	Até 23,3 Litros
- Coeficiente de Inchaço Médio	1,290		Volume de concreto por betonada = <b>160,77dm<sup>3</sup></b>	
- Teor de umidade (h)	3,5 %			
<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	<p>1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m<sup>3</sup> de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS N° 3.4 a 3.7</p> <p>2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.3</p> <p>3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas</p>	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	22,7		
- Chuva recente	6,0	20,0		
- Chuva na véspera	8,0	17,3		
- Está chovendo	10,0	14,7		

**TABELA A5-4** : Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-1AD do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>			Capacidade mínima do equipamento de mistura <b>320 Litros</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO <b>fck = 20,0 MPa</b>	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM <b>Sd = 5,5MPa</b>	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM <b>fc<sub>28</sub> = 29,1MPa</b>	ABATIMENTO (SLUMP TEST) <b>60±10mm</b>	TIPO DE CIMENTO <b>CP II – Z - 32</b>
TEOR DE ARGAMASSA (a) <b>α = 50%</b>	CONSUMO DE CIMENTO/M <sup>3</sup> <b>C = 283,08kg/m<sup>3</sup></b>	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b> <b>1,000 : 2,964 : 3,964 : 0,574 : 0,003</b>		
<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>			<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m <sup>3</sup> )	Volume dos materiais soltos e úmidos	Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	283,08	5,66 Sacos	- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lavada – MÉDIA	839,05	0,676m <sup>3</sup>	- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 25,3)cm
- Brita 1	1.122,13	0,729m <sup>3</sup>	- Brita 1	4 cx (35 x 45 x 20,4)cm
- Água	162,49	0,133m <sup>3</sup>	- Água	Até 23,5 Litros
- Aditivo Plastificante	0,85	0,71dm <sup>3</sup>	- Aditivo Plastificante	130ml
- Coeficiente de Inchamento Médio	1,290		Volume de concreto por betonada = <b>176,62dm<sup>3</sup></b>	
- Teor de umidade (h)	3,5 %			
<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	<p>1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m<sup>3</sup> de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS N° 3.4 a 3.6</p> <p>2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.7</p> <p>3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas</p> <p>4– A dosagem do aditivo é a recomendada pelo fabricante</p>	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	22,8		
- Chuva recente	6,0	19,8		
- Chuva na véspera	8,0	16,8		
- Está chovendo	10,0	13,9		

**TABELA A5-5** : Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-2AD do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>	Capacidade mínima do equipamento de mistura  <b>320 Litros</b>
--	--

<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO  fck = 20,0 MPa	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM  Sd = 5,5MPa	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM  fc <sub>28</sub> = 29,1MPa	ABATIMENTO (SLUMP TEST)  60±10mm	TIPO DE CIMENTO  CP II – Z – 32
TEOR DE ARGAMASSA (a)  α = 49%	CONSUMO DE CIMENTO/M³  C = 297,63 kg/m³	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b>  <b>1,000 : 2,732 : 3,884 : 0,550 : 0,003</b>		

<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>		
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m³)	Volume dos materiais soltos e úmidos
- Cimento (CP II-Z-32)	297,63	5,95 Sacos
- Areia Lavada – MÉDIA	813,13	0,655m³
- Brita 2	1.155,99	0,766m³
- Água	163,70	0,135m³
- Aditivo Plastificante	0,89	0,75dm³
- Coeficiente de Inchamento Médio	1,290	
- Teor de umidade (h)	3,5	%

<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 23,3)cm
- Brita 2	4 cx (35 x 45 x 20,4)cm
- Água	Até 22,7 Litros
- Aditivo Plastificante	130,0ml
Volume de concreto por betonada = <b>168,00dm³</b>	

<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	22,0	1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m³ de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS N° 3.4, 3.5 e 3.7  2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.8  3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas  4– A dosagem do aditivo é a recomendada pelo fabricante
- Chuva recente	6,0	19,3	
- Chuva na véspera	8,0	16,6	
- Está chovendo	10,0	13,8	

**TABELA A5-6:** Dimensionamento de traço em massa e volume para concretos produzidos com materiais da família AM-3AD do ábaco de dosagem

<b>DIMENSIONAMENTO DE UM TRAÇO PARA PRODUÇÃO EM BETONEIRA ESTACIONÁRIA DE EIXO INCLINADO</b>			Capacidade mínima do equipamento de mistura <b>320 Litros</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO TRAÇO</b>				
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO <b>fck = 20,0 MPa</b>	DESVIO-PADRÃO DE DOSAGEM <b>Sd = 5,5MPa</b>	RESISTÊNCIA DE DOSAGEM <b>fc<sub>28</sub> = 29,1MPa</b>	ABATIMENTO (SLUMP TEST) <b>60±10mm</b>	TIPO DE CIMENTO <b>CP II – Z - 32</b>
TEOR DE ARGAMASSA (a) <b>α = 51%</b>	CONSUMO DE CIMENTO/M <sup>3</sup> <b>C = 295,02 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>TRAÇO UNITÁRIO (kg)</b> <b>1,000 : 2,878 : 1,863 : 1,863 : 0,526 : 0,003</b>		
<b>CONSUMO DE MATERIAIS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO</b>			<b>TRAÇO EM VOLUME PARA UMA BETONADA</b>	
MATERIAIS UTILIZADOS	Massa dos materiais secos (kg/m <sup>3</sup> )	Volume dos materiais soltos e úmidos	Materiais	Quantidades e dimensões das caixas
- Cimento (CP II-Z-32)	295,02	5,90Sacos	- Cimento (CP II-Z-32)	1 Saco (50kg)
- Areia Lavada – MÉDIA	849,07	0,684m <sup>3</sup>	- Areia Lav. – MÉDIA	3 cx (35 x 45 x 24,5)cm
- Brita 1	549,62	0,357m <sup>3</sup>	- Brita 1	2 cx (35 x 45 x 19,2)cm
- Brita 2	549,62	0,364m <sup>3</sup>	- Brita 2	2 cx (35 x 45 x 19,6)cm
- Água	155,18	0,125m <sup>3</sup>	- Água	Até 21,3 Litros
- Aditivo Plastificante	0,89	0,75dm <sup>3</sup>	- Aditivo Plastificante	130,0ml
- Coeficiente de Inchaço Médio	1,290		Volume de concreto por betonada = <b>169,50dm<sup>3</sup></b>	
- Teor de umidade (h)	3,5 %			
<b>QUANTIDADE DE A'GUA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NO INSTANTE DA CONCRETAGEM</b>			<b>OBSERVAÇÕES</b>	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Umidade estimada da areia (h) (%)	Quantidade de água por betonada (Litros)	<p>1 – Para o cálculo dos materiais soltos e úmidos por m<sup>3</sup> de concreto utilizou-se os valores constantes nas FIGURAS N° 3.4 a 3.7</p> <p>2 – Para a estimativa do traço em massa utilizou-se as expressões de Abrams, Lyse e Molinary constantes na FIGURA N° 4.9</p> <p>3– Observar a quantidade de água prevista em função do teor de umidade da areia conforme tabela de previsão das condições climáticas</p> <p>4– A dosagem do aditivo é a recomendada pelo fabricante</p>	
- Não chove a mais de 3 dias	4,0	20,5		
- Chuva recente	6,0	17,7		
- Chuva na véspera	8,0	14,8		
- Está chovendo	10,0	11,9		

7.6 – ANEXO 6

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Comparações entre funções lineares transformadas para as leis de Abrams, Lyse, Molinari e 4° Quadrante.

---



TABELA A6-1: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (1,2,3) com a família AM-1 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AM-1</b>		(Areia Média, Brita 1 )			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,063737128	2,180198852	2,019297516	2,094836147	$\alpha = 4$
	b'	-1,05298906	-1,22803408	-0,99826081	-1,105317117	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	0,001332623	0,004545233	0,004139863	0,013307633	$F_{calc} = 0,903$
	T	9,465	9,654	7,918	15,909	
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{(a/c)}$	r <sup>2</sup>	0,9675	0,9588	0,94	0,944	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,021076237	0,033709172	0,032170882	0,029785492	
	Sb	0,111256581	0,127202308	0,126082302	0,069478669	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,00036743	0,000458519	0,000356253	0,000367245	$\alpha = 4$
	b'	0,000456674	0,000360288	0,000464957	0,000459309	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	1,51E-09	7,51E-10	1,90E-09	1,097E-08	$F_{calc} = 4,50$
	T	54,097	85,058	57,483	84,925	
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	r <sup>2</sup>	0,9989	0,9996	0,9987	0,9979	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	2,24E-05	1,37E-05	2,18E-05	2,70E-05	
	Sb	8,44E-06	4,24E-06	8,09E-06	5,41E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K_7 + K_8 * (1/C))}}$	a'	2,034178055	2,192159345	2,076452791	2,10238487	$\alpha = 4$
	b'	-165,842386	-219,833973	-201,407326	-197,5153995	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	0,000686879	0,004141828	0,005157422	0,027624602	$F_{calc} = 4,86$
	T	13,289	10,133	7,038	10,685	
LOG $f_c = K_9 + K_{10} * (1/C)$	r <sup>2</sup>	0,9832	0,9625	0,9252	0,8838	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,015131418	0,032178518	0,035907596	0,042914334	
	Sb	12,47924341	21,69560665	28,61814178	18,48487165	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C)) / (vz - \sum vz(A, B, C))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)} \quad \alpha = (vz - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

TABELA A6-2: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (4,5,6) com a família AM-2 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AM-2</b>		(Areia Média, Brita 2)			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,014555018	2,015437738	2,011083967	2,053139003	$\alpha = 4$
	b'	-0,96594101	-1,00474484	-1,05257246	-1,078860401	$\beta = 10$
Equação transformada	n	5	5	6	16	$F(\alpha, \beta) = 3,48$
	SQR	0,001691101	0,003896477	0,009148716	0,022775457	$F_{calc} = 1,36$
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	T	7,747	5,810	5,565	10,539	
	r <sup>2</sup>	0,9523	0,9183	0,8856	0,888	
	t(α/2)(n-2)	3,182	3,182	2,776	2,145	
	Se	0,023742375	0,036039225	0,04782446	0,040333836	
	Sb	0,124689366	0,172920521	0,189153888	0,102372141	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000358502	0,000422515	0,000362802	0,000371077	$\alpha = 4$
	b'	0,000457172	0,000449947	0,000465267	0,000459478	$\beta = 10$
Equação transformada	n	5	5	6	16	$F(\alpha, \beta) = 3,48$
	SQR	2,00E-09	1,21E-09	3,61E-09	1,682E-08	$F_{calc} = 3,67$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	T	43,909	53,630	44,932	60,006	
	r <sup>2</sup>	0,9984	0,9989	0,998	0,9961	
	t(α/2)(n-2)	3,182	3,182	2,776	2,145	
	Se	2,58E-05	2,01E-05	3,00E-05	3,47E-05	
	Sb	1,04E-05	8,39E-06	1,04E-05	7,66E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K_7 + K_8*(1/C))}}$	a'	2,007997607	2,060089541	2,024520979	2,053046084	$\alpha = 4$
	b'	-164,582934	-194,715375	-199,637981	-194,0598398	$\beta = 10$
Equação transformada	n	5	5	6	16	$F(\alpha, \beta) = 3,48$
	SQR	0,000711971	0,00378126	0,007214704	0,039934011	$F_{calc} = 6,03$
LOG $f_c = K_9 + K_{10}^{*(1/C)}$	T	12,111	5,906	6,351	7,571	
	r <sup>2</sup>	0,9832	0,9208	0,9097	0,8037	
	t(α/2)(n-2)	3,182	3,182	2,776	2,145	
	Se	0,015405312	0,035502396	0,042469706	0,053408139	
	Sb	13,5898362	32,96882014	31,43296399	25,63055537	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C)) / (v_z - \sum v(A, B, C))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)}$$

$$\alpha = (v_z - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

**TABELA A6-3:** Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (7,8,9) com a família AM-3 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AM-3</b>		(Areia Média, Brita (1 + 2))			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,059854543	2,069439495	2,023803695	2,053391811	$\alpha = 4$
	b'	-1,0542133	-1,09746329	-0,99627019	-1,053152774	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	0,001271952	0,003167757	0,005178979	0,011024488	$F_{calc} = 0,40$
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	T	10,657	10,515	7,475	17,524	
	r <sup>2</sup>	0,9742	0,965	0,9332	0,9534	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,020590874	0,028141417	0,035982561	0,027110254	
	Sb	0,098920076	0,104371218	0,13327423	0,060097621	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000311412	0,000321502	0,000317901	0,000322852	$\alpha = 4$
	b'	0,000465321	0,000466527	0,000472836	0,000467505	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	4,49E-10	3,69E-09	1,19E-09	1,425E-08	$F_{calc} = 4,61$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	T	97,947	45,867	75,618	73,262	
	r <sup>2</sup>	0,9996	0,9981	0,9993	0,9972	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	1,22E-05	3,04E-05	1,72E-05	3,08E-05	
	Sb	4,75E-06	1,02E-05	6,25E-06	6,38E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K_7 + K_8 * (1/C))}}$	a'	2,09053662	2,128037108	2,105277861	2,116324046	$\alpha = 4$
	b'	-184,187256	-210,256339	-209,459616	-204,6160725	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	0,00070359	0,004819114	0,002928411	0,022598153	$F_{calc} = 4,60$
LOG $f_c = K_9 + K_{10} * (1/C)$	T	14,413	8,444	10,095	11,922	
	r <sup>2</sup>	0,9832	0,9468	0,9622	0,9045	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,015314373	0,03470992	0,027057398	0,038814218	
	Sb	12,77885753	24,89899942	20,74966901	17,16301316	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C)) / (v_z - \sum v_z(A, B, C))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)} \quad \alpha = (v_z - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

TABELA A6-4: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (10,11,12) com a família AF-1 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AF-1</b>		(Areia FINA, Brita 1 )			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,071721394	2,090223762	2,094084282	2,032437814	$\alpha = 4$
	b'	-1,13805179	-1,03354004	-1,0547281	-0,982921971	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	0,00399338	0,005330803	0,001722657	0,029849483	$F_{calc} = 4,68$
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	T	6,160	8,036	15,299	10,679	
	r <sup>2</sup>	0,9267	0,9416	0,9831	0,8837	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,036484608	0,036506174	0,020776002	0,04460903	
	Sb	0,184748889	0,128614644	0,068941764	0,092043915	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000369749	0,000289756	0,000307259	0,000351628	$\alpha = 4$
	b'	0,000461796	0,000478221	0,000486013	0,000470831	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	3,97E-09	1,47E-09	3,27E-09	3,31E-08	$F_{calc} = 7,68$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	T	31,458	69,095	41,190	45,041	
	r <sup>2</sup>	0,9969	0,9991	0,9976	0,9928	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	3,64E-05	1,92E-05	2,86E-05	4,69E-05	
	Sb	1,47E-05	6,92E-06	1,18E-05	1,05E-05	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K_7 + K_8*(1/C))}}$	a'	2,076371178	2,188644497	2,258422182	2,154028491	$\alpha = 4$
	b'	-198,233337	-221,245692	-267,240642	-222,4510344	$\beta = 11$
Equação transformada	n	5	6	6	17	$F(\alpha, \beta) = 3,36$
	SQR	0,0028885	0,005572676	0,003317202	0,033947813	$F_{calc} = 5,18$
LOG $f_c = K_9 + K_{10}^{*(1/C)}$	T	7,322	7,849	10,950	9,923	
	r <sup>2</sup>	0,947	0,939	0,9677	0,8677	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,031029814	0,037325179	0,028797578	0,047572971	
	Sb	27,07493637	28,18932438	24,40531655	22,41844306	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C)) / (v_z - \sum v_z(A, B, C))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)} \quad \alpha = (v_z - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

TABELA A6-5: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (13,14,15) com a família AF-2 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AF-2</b>		(Areia FINA, Brita 2 )			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	1,975646507	2,072873861	2,025678607	2,017831673	$\alpha = 4$
	b'	-0,920598	-1,05411949	-0,96647843	-0,96977516	$\beta = 12$
	n	6	6	6	18	$F(\alpha,\beta) = 3,26$
Equação transformada	SQR	0,005298657	0,003807243	0,003673723	0,014880997	$F_{calc} = 0,49$
	T	7,206	9,237	9,352	15,678	
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	r <sup>2</sup>	0,9284	0,9552	0,9562	0,9388	
	t(α/2)(n-2)	2,776	2,776	2,776	2,12	
	Se	0,036339594	0,030851432	0,030305624	0,030496923	
	Sb	0,127757086	0,114119984	0,103340519	0,061854357	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000267445	0,000293531	0,000323522	0,000310146	$\alpha = 4$
	b'	0,000485406	0,000482801	0,000484475	0,000481739	$\beta = 12$
	n	6	6	6	18	$F(\alpha,\beta) = 3,26$
Equação transformada	SQR	4,05E-09	1,89E-09	1,20E-09	1,55E-08	$F_{calc} = 3,51$
	T	40,535	55,626	67,982	68,457	
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	r <sup>2</sup>	0,9975	0,9987	0,9991	0,9965	
	t(α/2)(n-2)	2,776	2,776	2,776	2,12	
	Se	3,18E-05	2,18E-05	1,73E-05	3,11E-05	
	Sb	1,20E-05	8,68E-06	7,13E-06	7,04E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K_7 + K_8*(1/C))}}$	a'	2,060525185	2,153689367	2,166139519	2,116049129	$\alpha = 4$
	b'	-199,33116	-230,435445	-241,152347	-220,1253688	$\beta = 12$
	n	6	6	6	18	$F(\alpha,\beta) = 3,26$
Equação transformada	SQR	0,007845876	0,007144527	0,003107704	0,02263707	$F_{calc} = 0,75$
	T	5,811	6,603	10,204	12,494	
LOG $f_c = K_9 + K_{10}^{*(1/C)}$	r <sup>2</sup>	0,894	0,9159	0,963	0,907	
	t(α/2)(n-2)	2,776	2,776	2,776	2,12	
	Se	0,044288476	0,042262651	0,027873393	0,037614051	
	Sb	34,30222859	34,89913705	23,63262226	17,61806272	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C) / (vz - \sum vz(A, B, C)))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)} \quad \alpha = (vz - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

TABELA A6-6: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (16,17,18) com a família AF-3 (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AF-3</b>		(Areia FINA, Brita (1 + 2))			<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B, C)			FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)	ST = 100±20 ©		
<b>LEI DE ABRAMS</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,130301791	2,0892208	2,07264908	2,078231111	$\alpha = 4$
	b'	-1,15366608	-1,06226429	-1,01244766	-1,040976171	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	0,001577059	0,000694868	0,002549022	0,007248963	$F_{calc} = 1,39$
	T	10,503	21,014	10,353	20,650	
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	r <sup>2</sup>	0,9735	0,991	0,964	0,966	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,02292785	0,013180176	0,025243921	0,021983272	
	Sb	0,109838753	0,05055135	0,097788846	0,050410786	
<b>LEI DE MOLINARY</b>						
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000289295	0,000359317	0,000306216	0,000326268	$\alpha = 4$
	b'	0,000474327	0,000465636	0,000478394	0,000471594	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	8,78E-10	1,04E-09	9,96E-10	8,45E-09	$F_{calc} = 5,24$
	T	64,626	79,892	76,202	87,796	
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	r <sup>2</sup>	0,9992	0,9993	0,9993	0,998	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	1,71E-05	1,61E-05	1,58E-05	2,37E-05	
	Sb	7,34E-06	5,83E-06	6,28E-06	5,37E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>						
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$	a'	2,175693501	2,151142495	2,123825401	2,153874772	$\alpha = 4$
	b'	-219,010874	-215,650147	-215,617127	-217,9787145	$\beta = 11$
	n	5	6	6	17	$F(\alpha,\beta) = 3,36$
Equação transformada	SQR	0,00092923	0,000536834	0,003620057	0,010752294	$F_{calc} = 3,06$
	T	13,759	23,932	8,619	16,810	
LOG $f_c = K_9 + K_{10}^{*(1/C)}$	r <sup>2</sup>	0,9844	0,993	0,9489	0,9495	
	t(α/2)(n-2)	3,182	2,776	2,776	2,131	
	Se	0,017599529	0,011584837	0,030083456	0,026773487	
	Sb	15,91719708	9,010974356	25,01511921	12,9669246	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B, C)) / (vz - \sum vz(A, B, C))}{\sum SQR(A, B, C) / \sum v(A, B, C)} \quad \alpha = (vz - \sum v(A, B, C))$$

$$\beta = \sum v(A, B, C)$$

TABELA A6-7: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (1-AD e 2-AD) com a família AM-1AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : **AF-1 AD** (Areia FINA, Brita 1 ) **CONCRETO ADITIVADO**  
(Plastificante do tipo "P")

MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<b>LEI DE ABRAMS</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	1,929513948	2,123889871	2,039508132	$\alpha = 2$
	b'	-0,73606608	-1,11075542	-0,95124745	$\beta = 2$
	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
Equação transformada	SQR	6,20E-06	0,000131204	0,002894639	$F_{calc} = 20,07$
	T	52,337	18,920	9,407	
LOG fc = LOG K1 - LOGK2*(a/c)	r²	0,9996	0,9972	0,9567	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,002490233	0,011454418	0,026900925	
	Sb	0,014063954	0,058708965	0,101122723	
<b>LEI DE MOLINARY</b>					
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000586385	0,000351866	0,000466466	$\alpha = 2$
	b'	0,00043151	0,000465989	0,000449408	$\beta = 2$
	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
Equação transformada	SQR	2,51E-09	3,11E-11	6,39E-09	$F_{calc} = 1,51$
	T	182,764	189,499	34,955	
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	r²	0,997	0,9999	0,9967	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	5,01E-05	5,58E-06	4,00E-05	
	Sb	2,36E-06	2,46E-06	1,29E-05	
<b>4º QUADRANTE</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$	a'	1,977918644	2,188644497	2,072663872	$\alpha = 2$
	b'	-141,850986	-221,245692	-177,768044	$\beta = 2$
	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
Equação transformada	SQR	5,88E-05	0,005572676	0,005006499	$F_{calc} = -0,11$
	T	16,969	7,849	7,034	
LOG fc = K9 + K10*(1/C)	r²	0,9965	0,939	0,925	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,007668786	0,037325179	0,035378309	
	Sb	8,359554541	28,18932438	25,27323888	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B)) / (v_z - \sum v_z(A, B))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)} \quad \alpha = (v_z - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$

**TABELA A6-8:** Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (3-AD e 4-AD) com a família AM-2AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AF-2 AD</b>		(Areia FINA, Brita 2 )		<b>CONCRETO ADITIVADO</b> (Plastificante do tipo "P")	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<b>LEI DE ABRAMS</b>  $f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$ Equação transformada  LOG fc = LOG K1 - LOG K2*(a/c)	a'	1,894471207	1,973114835	1,937831152	$\alpha = 2$
	b'	-0,77315234	-0,90828678	-0,8489877	$\beta = 2$
	n	3	3	6	F(α,β) = <b>19,0</b>
	SQR	1,07E-03	0,000947851	0,002476235	F <sub>calc</sub> = <b>0,23</b>
	T	4,919	6,842	10,714	
	r <sup>2</sup>	0,9603	0,979	0,9663	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,0328184	0,030787194	0,02488089	
	Sb	0,157168025	0,132759342	0,079242992	
<b>LEI DE MOLINARY</b>  $C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$ Equação transformada  $\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	a'	0,000268053	0,000308869	0,000286936	$\alpha = 2$
	b'	0,000478696	0,00047143	0,000475327	$\beta = 2$
	n	3	3	6	F(α,β) = <b>19,0</b>
	SQR	2,64E-09	1,23E-10	3,01E-09	F <sub>calc</sub> = <b>0,09</b>
	T	21,538	95,878	56,091	
	r <sup>2</sup>	0,9978	0,9998	0,9987	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	5,14E-05	1,11E-05	2,74E-05	
	Sb	2,22E-05	4,92E-06	8,47E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>  $f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$ Equação transformada  LOG fc = K <sub>9</sub> + K <sub>10</sub> *(1/C)	a'	1,940174167	2,105071175	2,012676655	$\alpha = 2$
	b'	-141,656588	-200,134718	-167,73506	$\beta = 2$
	n	3	3	6	F(α,β) = <b>19,0</b>
	SQR	2,50E-03	2,24E-05	0,006914377	F <sub>calc</sub> = <b>1,75</b>
	T	3,142	44,951	6,208	
	r <sup>2</sup>	0,908	0,9995	0,9059	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,004996349	0,004734491	0,041576368	
	Sb	45,08480773	4,452304183	27,01895744	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B) / (v_z - \sum v_z(A, B)))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)} \quad \alpha = (v_z - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$



**TABELA A6-9:** Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (5-AD e 6-AD) com a família AM-3AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AF-3 AD</b>		(Areia FINA, Brita (1 + 2))		<b>CONCRETO ADITIVADO</b> (Plastificante do tipo "P")	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<b>LEI DE ABRAMS</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,162138737	2,074857785	2,095627981	$\alpha = 2$
	b'	-1,3477094	-1,06453223	-1,16272105	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
	SQR	4,15E-03	0,000558956	0,01431111	$F_{calc} = 2,04$
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	T	4,014	9,057	5,439	
	r <sup>2</sup>	0,9415	0,9879	0,8809	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,064422282	0,023642244	0,059814525	
	Sb	0,335711868	0,117539248	0,213763313	
<b>LEI DE MOLINARY</b>					
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,00029852	0,000372785	0,000338021	$\alpha = 2$
	b'	0,000472829	0,000458411	0,000465346	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
	SQR	4,77E-11	1,10E-09	2,48E-09	$F_{calc} = 1,16$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	T	151,562	33,879	61,780	
	r <sup>2</sup>	0,9999	0,9991	0,9989	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	6,91E-06	3,32E-05	2,49E-05	
	Sb	3,12E-06	1,35E-05	7,53E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$	a'	2,295601628	2,110184725	2,19866219	$\alpha = 2$
	b'	-251,523615	-191,548987	-220,708382	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
	SQR	1,66E-03	2,48E-05	0,004562577	$F_{calc} = 1,71$
LOG $f_c = K_9 + K_{10} * (1/C)$	T	6,466	43,220	10,067	
	r <sup>2</sup>	0,9796	0,9994	0,962	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,040736888	0,004982999	0,033773426	
	Sb	38,90107065	4,431910789	21,92373237	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B)) / (v_z - \sum v(A, B))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)} \quad \alpha = (v_z - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$

**TABELA A6-10:** Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (7-AD e 8-AD) com a família AF-1AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AM-1 AD</b> (Areia MÉDIA, Brita 1)		<b>CONCRETO ADITIVADO</b> (Plastificante do tipo "P")			
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<b>LEI DE ABRAMS</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	1,997500875	2,140472396	2,075462747	$\alpha = 2$
	b'	-0,90915822	-1,18957716	-1,06534844	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
LOG fc = LOG K1 - LOG K2*(a/c)	SQR	1,62E-03	0,000448722	0,003069874	$F_{calc} = 0,49$
	T	3,394	9,135	8,620	
	r <sup>2</sup>	0,9201	0,9891	0,9489	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,040220426	0,02111883	0,027703224	
	Sb	0,26785229	0,130223117	0,123588928	
<b>LEI DE MOLINARY</b>					
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000235052	0,000309782	0,000272188	$\alpha = 2$
	b'	0,000473725	0,000467394	0,00047058	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	SQR	7,03E-11	1,48E-09	3,32E-09	$F_{calc} = 1,15$
	T	66,036	26,896	48,854	
	r <sup>2</sup>	0,9999	0,9986	0,9983	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	8,39E-06	3,85E-05	2,88E-05	
	Sb	7,17E-06	1,74E-05	9,63E-06	
<b>4º QUADRANTE</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$	a'	2,016619906	2,123390667	2,078894731	$\alpha = 2$
	b'	-147,696054	-187,395962	-170,387838	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha, \beta) = 19,0$
LOG fc = K <sub>9</sub> + K <sub>10</sub> *(1/C)	SQR	4,99E-04	2,81E-04	0,002544365	$F_{calc} = 2,26$
	T	6,291	11,570	9,512	
	r <sup>2</sup>	0,9753	0,9925	0,9576	
	t(α/2)(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,02234487	0,016761506	0,025220847	
	Sb	23,47774407	16,19606356	17,9128213	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B) / (vz - \sum vz(A, B)))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)} \quad \alpha = (vz - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$

**TABELA A6-11:** Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (9-AD e 10-AD) com a família AF-2AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : <b>AM-2 AD</b>		(Areia MÉDIA, Brita 2)		<b>CONCRETO ADITIVADO</b> (Plastificante do tipo "P")	
MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<b>LEI DE ABRAMS</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$	a'	2,026335089	2,004157078	2,019651938	$\alpha = 2$
	b'	-1,00548984	-1,00162804	-1,01145008	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
	SQR	4,34E-04	7,59E-05	0,001109122	$F_{calc} = 1,17$
LOG $f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	T	8,060	22,057	1,550	
	r <sup>2</sup>	0,9848	0,9979	0,9836	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,020834199	0,008710792	0,016651739	
	Sb	0,124751952	0,045411846	0,65236843	
<b>LEI DE MOLINARY</b>					
$C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$	a'	0,000322585	0,000389418	0,000370779	$\alpha = 2$
	b'	0,000456419	0,000451203	0,000451807	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
	SQR	1,07E-09	4,48E-09	6,64E-09	$F_{calc} = 0,20$
$\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	T	33,112	18,039	39,357	
	r <sup>2</sup>	0,999	0,9969	0,9974	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	3,27E-05	6,69E-05	4,17E-05	
	Sb	1,38E-05	2,50E-05	1,15E-05	
<b>4º QUADRANTE</b>					
$f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$	a'	2,03468181	1,969503875	1,980238258	$\alpha = 2$
	b'	-155,263634	-153,282332	-146,780591	$\beta = 2$
Equação transformada	n	3	3	6	$F(\alpha,\beta) = 19,0$
	SQR	3,24E-04	2,62E-03	0,009713788	$F_{calc} = 2,30$
LOG $f_c = K_9 + K_{10} * (1/C)$	T	9,346	3,622	4,889	
	r <sup>2</sup>	0,9886	0,9291	0,8566	
	t( $\alpha/2$ )(n-2)	12,706	12,706	2,776	
	Se	0,01800274	0,051179508	0,049279276	
	Sb	16,61330545	42,31512976	30,02179299	

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B)) / (vz - \sum vz(A, B))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)} \quad \alpha = (vz - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$

TABELA A6-12: Comparação linear entre as funções transformadas das famílias (11-AD e 12-AD) com a família AF-3AD (Z), utilizando a distribuição F.

Família : **AM-3 AD** (Areia MÉDIA, Brita (1+ 2)) **CONCRETO ADITIVADO**  
(Plastificante do tipo "P")

MODELOS DE COMPORTAMENTO	Parâmetros	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (A, B)		FUNÇÃO TOTAL (Z)	TESTE F
		ST = 30±10 (A)	ST = 60±10 (B)		
<p><b>LEI DE ABRAMS</b></p> $f_c = \frac{K_1}{K_2^{(a/c)}}$ <p>Equação transformada</p> $\text{LOG } f_c = \text{LOG } K_1 - \text{LOG } K_2^{*(a/c)}$	<p>a'</p> <p>b'</p> <p>n</p> <p>SQR</p> <p>T</p> <p>r<sup>2</sup></p> <p>t(α/2)(n-2)</p> <p>Se</p> <p>Sb</p>	<p>2,177080571</p> <p>-1,40490321</p> <p>3</p> <p>1,22E-03</p> <p>6,871</p> <p>0,9792</p> <p>12,706</p> <p>0,034878824</p> <p>0,204460944</p>	<p>1,966149025</p> <p>-0,92108335</p> <p>3</p> <p>2,92E-03</p> <p>10,460</p> <p>0,9909</p> <p>12,706</p> <p>0,017079028</p> <p>0,088054167</p>	<p>2,04084727</p> <p>-1,09671199</p> <p>6</p> <p>0,008248486</p> <p>6,330</p> <p>0,9092</p> <p>2,776</p> <p>0,045410587</p> <p>0,173250305</p>	<p>α = 2</p> <p>β = 2</p> <p>F(α,β) = <b>19,0</b></p> <p>F<sub>calc</sub> = <b>1,00</b></p>
<p><b>LEI DE MOLINARY</b></p> $C = \frac{1000}{K_5 + K_6 * m}$ <p>Equação transformada</p> $\frac{1}{C} = \frac{K_5}{1000} + \frac{K_6 * m}{1000}$	<p>a'</p> <p>b'</p> <p>n</p> <p>SQR</p> <p>T</p> <p>r<sup>2</sup></p> <p>t(α/2)(n-2)</p> <p>Se</p> <p>Sb</p>	<p>0,000230502</p> <p>0,00047869</p> <p>3</p> <p>1,10E-09</p> <p>40,631</p> <p>0,9993</p> <p>12,706</p> <p>3,31E-05</p> <p>1,18E-05</p>	<p>0,000272953</p> <p>0,000471775</p> <p>3</p> <p>1,50E-10</p> <p>89,575</p> <p>0,9998</p> <p>12,706</p> <p>1,23E-05</p> <p>5,27E-06</p>	<p>0,000247206</p> <p>0,000475899</p> <p>6</p> <p>1,44E-09</p> <p>91,532</p> <p>0,9995</p> <p>2,776</p> <p>1,90E-05</p> <p>5,20E-06</p>	<p>α = 2</p> <p>β = 2</p> <p>F(α,β) = <b>19</b></p> <p>F<sub>calc</sub> = <b>0,16</b></p>
<p><b>4º QUADRANTE</b></p> $f_c = \frac{K_1}{K_2^{(K7 + K8*(1/C))}}$ <p>Equação transformada</p> $\text{LOG } f_c = K_9 + K_{10} * (1/C)$	<p>a'</p> <p>b'</p> <p>n</p> <p>SQR</p> <p>T</p> <p>r<sup>2</sup></p> <p>t(α/2)(n-2)</p> <p>Se</p> <p>Sb</p>	<p>2,093255726</p> <p>-179,74487</p> <p>3</p> <p>1,14E-04</p> <p>22,651</p> <p>0,998</p> <p>12,706</p> <p>0,010681453</p> <p>7,935249379</p>	<p>2,032551659</p> <p>-162,702527</p> <p>3</p> <p>2,51E-04</p> <p>11,278</p> <p>0,9921</p> <p>12,706</p> <p>0,015851509</p> <p>14,427062</p>	<p>2,068792807</p> <p>-172,922684</p> <p>6</p> <p>0,000576426</p> <p>25,033</p> <p>0,9936</p> <p>2,776</p> <p>0,012004434</p> <p>6,907781322</p>	<p>α = 2</p> <p>β = 2</p> <p>F(α,β) = <b>19</b></p> <p>F<sub>calc</sub> = <b>0,58</b></p>

$$F_{calc} = \frac{(SQR_z - \sum SQR(A, B)) / (v_z - \sum v_z(A, B))}{\sum SQR(A, B) / \sum v(A, B)}$$

$$\alpha = (v_z - \sum v(A, B))$$

$$\beta = \sum v(A, B)$$

**TABELA A6-13 – Avaliação da sensibilidade das curvas do ábaco de dosagem (função Z) comparadas com as curvas do diagrama de dosagem (Funções A, B, C) – Concreto convencional / Areia média**

SENSIBILIDADE DAS CURVAS DE DOSAGEM (%)						CONCRETO CONVENCIONAL				AREIA MÉDIA					
IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO	LEI DE ABRAMS					LEI DE MOLINARY					4º QUADRANTE				
	Resistência à Compressão (fc28) (MPa)					Consumo de Cimento/m³ ( C )					Resistência à Compressão (fc28) (MPa)				
	a/c (kg/kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z	m (kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z	( C ) (kg/m³)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z
	A	B	C	A		B	C	A	B		C				
<b>AM-1</b> ( Função Z)  (Areia Média, Brita 1)	<b>0,45</b>	38,9	42,4	40,3	<b>39,6</b>	<b>5,00</b>	377,2	377,0	373,0	<b>375,4</b>	<b>250,0</b>	23,5	20,6	23,6	<b>23,5</b>
		1,8%	7,1%	1,8%			0,5%	0,4%	0,6%			0,0%	12,3%	0,4%	
	<b>0,65</b>	23,9	24,1	23,3	<b>23,8</b>	<b>6,50</b>	299,8	299,4	296,0	<b>298,3</b>	<b>325,0</b>	33,4	32,8	35,2	<b>33,4</b>
		0,4%	1,3%	2,1%			0,5%	0,4%	0,8%			0,0%	1,8%	5,4%	
	<b>0,85</b>	14,7	13,7	13,5	<b>14,3</b>	<b>8,00</b>	248,7	248,2	245,3	<b>247,4</b>	<b>400,0</b>	41,6	43,9	45,2	<b>41,6</b>
		2,8%	4,2%	5,6%			0,5%	0,3%	0,8%			0,0%	5,5%	8,7%	
<b>AM-2</b> ( Função Z)  (Areia Média, Brita 2)	<b>0,45</b>	38,0	36,6	34,5	<b>37,0</b>	<b>5,00</b>	378,1	374,3	371,8	<b>374,7</b>	<b>250,0</b>	22,4	19,1	16,8	<b>18,9</b>
		2,7%	1,1%	6,8%			0,9%	0,1%	0,8%			18,5%	1,1%	11,1%	
	<b>0,65</b>	24,4	23,0	21,2	<b>22,5</b>	<b>6,50</b>	300,3	298,8	295,2	<b>297,8</b>	<b>325,0</b>	31,7	28,9	25,7	<b>28,6</b>
		8,4%	2,2%	5,8%			0,8%	0,3%	0,9%			10,8%	1,0%	10,1%	
	<b>0,85</b>	15,6	14,5	13,1	<b>13,7</b>	<b>8,00</b>	249,0	248,7	244,8	<b>247,1</b>	<b>400,0</b>	39,5	37,4	33,5	<b>37,0</b>
		13,9%	5,8%	4,4%			0,8%	0,6%	0,9%			6,8%	1,1%	9,5%	
<b>AM-3</b> ( Função Z)  (Areia Média, Brita (1+ 2))	<b>0,45</b>	38,5	37,6	37,6	<b>38,0</b>	<b>5,00</b>	379,1	376,8	372,9	<b>375,9</b>	<b>250,0</b>	22,6	19,4	18,5	<b>19,9</b>
		1,3%	1,1%	1,1%			0,9%	0,2%	0,8%			13,6%	2,5%	7,0%	
	<b>0,65</b>	23,7	22,7	23,8	<b>23,4</b>	<b>6,50</b>	299,8	298,2	294,9	<b>297,5</b>	<b>325,0</b>	33,4	30,3	28,9	<b>30,7</b>
		1,3%	3,0%	1,7%			0,8%	0,2%	0,9%			8,8%	1,3%	5,9%	
	<b>0,85</b>	14,6	13,7	15,0	<b>14,4</b>	<b>8,00</b>	247,9	246,7	243,9	<b>246,1</b>	<b>400,0</b>	42,7	40	38,2	<b>40,3</b>
		1,4%	4,9%	4,2%			0,7%	0,2%	0,9%			6,0%	0,7%	5,2%	

#### OBSERVAÇÕES

1- As equações das FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (funções A, B e C) são as obtidas para os dados dos concretos confeccionados com ST=30±10mm, ST=60±10mm e ST=100±20mm;

Estes dados são apresentados nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. Os diagramas de DOSAGEM são apresentados nas figuras A2-1 a A2-9 do ANEXO n° 2.

2 - As funções "Z" são curvas únicas, representativas das funções A, B e C. As equações e a representação gráfica das funções Z estão apresentadas nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3.

**TABELA A6-14 – Avaliação da sensibilidade das curvas do ábaco de dosagem (função Z) comparadas com as curvas do diagrama de dosagem (Funções A, B, C) – Concreto convencional / Areia fina**

SENSIBILIDADE DAS CURVAS DE DOSAGEM (%)						CONCRETO CONVENCIONAL				AREIA FINA					
IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO	LEI DE ABRAMS					LEI DE MOLINARY				4º QUADRANTE					
	Resistência à Compressão (fc28) (MPa)					Consumo de Cimento/m³ ( C )				Resistência à Compressão (fc28) (MPa)					
	a/c (kg/kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z	m (kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z	( C ) (kg/m³)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA			FUNÇÃO Z
	A	B	C	A			B	C	A			B	C		
<b>AF-1</b> ( Função Z )  (Areia Fina, Brita 1)	<b>0,45</b>	36,3 6,7%	42,2 8,5%	41,6 6,9%	<b>38,9</b>	<b>5,00</b>	373,3 1,0%	373,0 0,9%	365,3 1,2%	<b>369,6</b>	<b>250,0</b>	19,2 4,3%	20,1 9,2%	15,5 15,8%	<b>18,4</b>
	<b>0,65</b>	21,5 13,0%	26,2 6,1%	25,6 3,6%	<b>24,7</b>	<b>6,50</b>	296,6 1,2%	294,3 0,4%	288,5 1,6%	<b>293,1</b>	<b>325,0</b>	29,3 12,3%	32,2 3,6%	27,3 18,3%	<b>33,4</b>
	<b>0,85</b>	12,7 19,1%	16,3 3,8%	15,8 0,6%	<b>15,7</b>	<b>8,00</b>	246,1 1,4%	243,0 0,1%	238,4 1,8%	<b>242,8</b>	<b>400,0</b>	38,1 8,4%	43,2 3,8%	38,9 6,5%	<b>41,6</b>
<b>AF-2</b> ( Função Z )  (Areia Fina, Brita 2)	<b>0,45</b>	36,4 4,5%	39,7 4,2%	39,0 2,4%	<b>38,1</b>	<b>5,00</b>	371,1 0,4%	369,3 0,1%	364,2 1,5%	<b>369,6</b>	<b>250,0</b>	18,3 6,4%	17,1 0,6%	15,9 7,6%	<b>17,2</b>
	<b>0,65</b>	23,8 2,5%	24,4 0,0%	25,0 2,5%	<b>24,4</b>	<b>6,50</b>	292,2 0,3%	291,4 0,6%	288,0 1,7%	<b>293,1</b>	<b>325,0</b>	28 1,8%	27,8 1,1%	26,6 3,3%	<b>27,5</b>
	<b>0,85</b>	15,6 0,0%	15,0 3,8%	16,0 2,6%	<b>15,6</b>	<b>8,00</b>	240,9 0,8%	240,6 0,9%	238,1 1,9%	<b>242,8</b>	<b>400,0</b>	36,5 0,8%	37,8 2,7%	36,6 0,5%	<b>36,8</b>
<b>AF-3</b> ( Função Z )  (Areia Fina, Brita (1+ 2))	<b>0,45</b>	40,8 0,2%	40,9 0,5%	41,4 1,7%	<b>40,7</b>	<b>5,00</b>	375,8 0,9%	372,1 0,1%	370,6 0,5%	<b>372,5</b>	<b>250,0</b>	19,9 4,2%	19,4 1,6%	18,3 4,2%	<b>19,1</b>
	<b>0,65</b>	24,0 4,8%	25,0 0,8%	26,0 3,2%	<b>25,2</b>	<b>6,50</b>	296,5 0,6%	295,4 0,2%	292,8 0,7%	<b>294,8</b>	<b>325,0</b>	31,8 4,6%	30,7 1,0%	28,9 4,9%	<b>30,4</b>
	<b>0,85</b>	14,1 9,6%	15,4 1,3%	16,3 4,5%	<b>15,6</b>	<b>8,00</b>	244,9 0,4%	244,9 0,4%	241,9 0,9%	<b>244,0</b>	<b>400,0</b>	42,5 4,7%	40,9 0,7%	38,4 5,4%	<b>40,6</b>

#### OBSERVAÇÕES

1- As expressões analíticas das FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (funções A, B e C) são as obtidas para os dados dos concretos confeccionados com ST=30±10mm, ST=60±10mm e ST=100±20mm;

Estes dados são apresentados nas tabelas 6.4, 6.5 e 6.6. Os diagramas de DOSAGEM são apresentados nas figuras A2-10 a A2-18 do ANEXO nº 2.

2 - As funções "Z" são curvas únicas, representativas das funções A, B e C. As equações e a representação gráfica das funções Z estão apresentadas nas figuras 4.4, 4.5 e 4.6.

**TABELA A6-15 – Avaliação da sensibilidade das curvas do ábaco de dosagem (função Z) comparadas com as curvas do diagrama de dosagem (Funções A, B, C) – Concreto aditivado (Plastificante do tipo “P”) / Areia média**

SENSIBILIDADE DAS CURVAS DE DOSAGEM (%)					CONCRETO ADITIVADO (Plastificante "P")			AREIA MÉDIA				
IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO	LEI DE ABRAMS				LEI DE MOLINARY			4º QUADRANTE				
	Resistência à Compressão (fc28) (MPa)				Consumo de Cimento/m³ ( C )			Resistência à Compressão (fc28) (MPa)				
	a/c (kg/kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		FUNÇÃO Z	m (kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		( C ) (kg/m³)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		FUNÇÃO Z	
	A	B	A			B	A		B			
<b>AM-1 AD</b> ( Função Z ) (Areia Média, Brita 1)	<b>0,45</b>	38,8	40,3	<b>39,5</b>	<b>5,00</b>	384,1	377,8	<b>380,9</b>	<b>250,0</b>	26,7	23,6	<b>25,0</b>
		1,8%	2,0%			0,8%	0,8%			6,8%	5,6%	
	<b>0,65</b>	25,5	23,3	<b>24,2</b>	<b>6,50</b>	301,7	298,7	<b>300,2</b>	<b>325,0</b>	36,5	35,2	<b>33,4</b>
		5,4%	3,7%			0,5%	0,5%			9,3%	5,4%	
	<b>0,85</b>	16,8	13,5	<b>14,8</b>	<b>8,00</b>	248,5	247,0	<b>247,7</b>	<b>400,0</b>	44,4	45,2	<b>41,6</b>
		13,5%	8,8%			0,3%	0,3%			6,7%	8,7%	
<b>AM-2 AD</b> ( Função Z ) (Areia Média, Brita 2)	<b>0,45</b>	37,5	35,8	<b>36,7</b>	<b>5,00</b>	383,9	378,0	<b>380,3</b>	<b>250,0</b>	26,5	22,7	<b>24,7</b>
		2,2%	2,5%			0,9%	0,6%			7,3%	8,1%	
	<b>0,65</b>	23,6	22,5	<b>23,0</b>	<b>6,50</b>	304,0	301,0	<b>302,3</b>	<b>325,0</b>	36,9	31,5	<b>33,8</b>
		2,6%	2,2%			0,6%	0,4%			9,2%	6,8%	
	<b>0,85</b>	14,8	14,2	<b>14,5</b>	<b>8,00</b>	251,6	250,1	<b>250,9</b>	<b>400,0</b>	45,3	38,6	<b>41,0</b>
		2,1%	2,1%			0,3%	0,3%			10,5%	5,9%	
<b>AM-3 AD</b> ( Função Z ) (Areia Média, Brita (1+ 2))	<b>0,45</b>	35,1	35,6	<b>35,3</b>	<b>5,00</b>	381,1	379,9	<b>380,7</b>	<b>250,0</b>	23,7	24,1	<b>23,8</b>
		0,6%	0,8%			0,1%	0,2%			0,4%	1,3%	
	<b>0,65</b>	18,4	23,3	<b>21,3</b>	<b>6,50</b>	299,2	299,4	<b>299,4</b>	<b>325,0</b>	34,7	34	<b>34,4</b>
		13,6%	9,4%			0,1%	0,0%			0,9%	1,2%	
	<b>0,85</b>	9,6	15,2	<b>12,8</b>	<b>8,00</b>	246,3	247,1	<b>246,6</b>	<b>400,0</b>	44	42,2	<b>43,3</b>
		25,0%	18,8%			0,1%	0,2%			1,6%	2,5%	

#### OBSERVAÇÕES

1- As equações das FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (funções A e B) são as obtidas para os dados dos concretos confeccionados com ST=30±10mm e ST=60±10mm;

Estes dados são apresentados nas tabelas 6.7, 6.8 e 6.9. Os diagramas de DOSAGEM são apresentados nas figuras A2-1, A2-2, A2-4, A2-5, A2-7 e A2-8 do ANEXO nº 2.

2 - As funções "Z" são curvas únicas, representativas das funções A e B. As equações e a representação gráfica das funções Z estão apresentadas nas figuras 4.7, 4.8 e 4.9.

**TABELA A6-16 – Avaliação da sensibilidade das curvas do ábaco de dosagem (função Z) comparadas com as curvas do diagrama de dosagem (Funções A, B, C) – Concreto aditivado (Plastificante do tipo “P”) / Areia fina**

SENSIBILIDADE DAS CURVAS DE DOSAGEM (%)					CONCRETO ADITIVADO (Plastificante "P")			AREIA FINA				
IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CONCRETO	LEI DE ABRAMS				LEI DE MOLINARY			4º QUADRANTE				
	Resistência à Compressão (fc28) (MPa)				Consumo de Cimento/m³ ( C )			Resistência à Compressão (fc28) (MPa)				
	a/c (kg/kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		FUNÇÃO Z	m (kg)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		( C ) (kg/m³)	FUNÇÕES DE REFERÊNCIA		FUNÇÃO Z	
	A	B	A			B	A		B			
<b>AF-1 AD</b> ( Função Z ) (Areia Fina, Brita 1)	<b>0,45</b>	39,7	42,1	<b>40,9</b>	<b>5,00</b>	364,4	372,9	<b>368,6</b>	<b>250,0</b>	25,7	21	<b>23,0</b>
		2,9%	2,9%			1,1%	1,2%			11,7%	8,7%	
	<b>0,65</b>	28,3	25,2	<b>26,4</b>	<b>6,50</b>	294,9	295,8	<b>295,2</b>	<b>325,0</b>	34,8	32,3	<b>33,5</b>
		7,2%	4,5%			0,1%	0,2%			3,9%	3,6%	
	<b>0,85</b>	20,1	15,1	<b>17,0</b>	<b>8,00</b>	247,6	245,1	<b>246,2</b>	<b>400,0</b>	42	42,4	<b>42,5</b>
		18,2%	11,2%			0,6%	0,4%			1,2%	0,2%	
<b>AF-2 AD</b> ( Função Z ) (Areia Fina, Brita 2)	<b>0,45</b>	35,2	36,7	<b>36,0</b>	<b>5,00</b>	375,7	375,1	<b>375,5</b>	<b>250,0</b>	23,6	20,2	<b>22,0</b>
		2,2%	1,9%			0,1%	0,1%			7,3%	8,2%	
	<b>0,65</b>	24,7	24,1	<b>24,3</b>	<b>6,50</b>	295,9	296,5	<b>296,2</b>	<b>325,0</b>	31,9	30,9	<b>31,4</b>
		1,6%	0,8%			0,1%	0,1%			1,6%	1,6%	
	<b>0,85</b>	17,3	15,9	<b>16,5</b>	<b>8,00</b>	244,0	245,1	<b>244,5</b>	<b>400,0</b>	38,6	40,2	<b>39,2</b>
		4,8%	3,6%			0,2%	0,2%			1,5%	2,6%	
<b>AF-3 AD</b> ( Função Z ) (Areia Fina, Brita (1+ 2))	<b>0,45</b>	35,9	39,4	<b>37,4</b>	<b>5,00</b>	375,6	375,3	<b>375,3</b>	<b>250,0</b>	19,5	22,1	<b>20,7</b>
		4,0%	5,3%			0,1%	0,0%			5,8%	6,8%	
	<b>0,65</b>	19,3	24,1	<b>21,9</b>	<b>6,50</b>	296,6	298,3	<b>297,4</b>	<b>325,0</b>	33,2	33,2	<b>33,1</b>
		11,9%	10,0%			0,3%	0,3%			0,3%	0,3%	
	<b>0,85</b>	10,4	14,8	<b>12,8</b>	<b>8,00</b>	245,0	247,5	<b>246,3</b>	<b>400,0</b>	46,4	42,8	<b>44,3</b>
		18,8%	15,6%			0,5%	0,5%			4,7%	3,4%	

#### OBSERVAÇÕES

1- As equações das FUNÇÕES DE REFERÊNCIA (funções A e B) são as obtidas para os dados dos concretos confeccionados com ST=30±10mm e ST=60±10mm;

Estes dados são apresentados nas tabelas 6.10, 6.11 e 6.12. Os diagramas de DOSAGEM são apresentados nas figuras A2-10, A-11, A2-13, A2-14, A2-16 e A2-17 do ANEXO nº 2.

2 - As funções "Z" são curvas únicas, representativas das funções A e B. As equações e a representação gráfica das funções Z estão apresentadas nas figuras 4.10, 4.11 e 4.12.



## 7.7 – ANEXO 7

### AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Avaliação de custos das misturas  
determinadas pelo Ábaco de Dosagem

---

**TABELA A7-1 – AVALIAÇÃO DE CUSTOS PARA CONCRETOS CONVENCIONAIS OBTIDOS PELO ÁBACO DE DOSAGEM – Misturas confeccionadas com areia média, britas nº 1, 2, (1+2) e abatimentos de 30+10mm e 60+10mm**

Identificação das Famílias de Traço	FC(28)  (MPa)	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO CONCRETO								CONSUMO DE MATERIAIS POR M³ DE CONCRETO										CUSTO POR M³ DE CONCRETO (US\$)	
		TRAÇO UNITÁRIO				m (kg)	α (%)	H (%)	Slump Test (mm)	MATERIAIS EM MASSA SECA					MATERIAIS EM VOLUME SOLTO e ÚMIDO						
		Cimento	Areia MÉDIA	Brita	Água					Cimento (kg)	Areia MÉDIA (kg)	BRITA 1 (kg)	BRITA 2 (kg)	ÁGUA (kg)	Cimento (sc)	Areia MÉDIA (m³)	BRITA 1 (m³)	BRITA 2 (m³)	ÁGUA (m³)		
CONCRETO CONVENCIONAL - Areia Média	AM-1  (Brita 1)	20,0	1,000	3,909	4,908	0,719	8,817	50	7,324	30±10	226,4	885,0	1.111,2	-	162,8	4,53	0,713	0,722	-	0,132	<b>47,094</b>
		30,0	1,000	2,789	3,789	0,559	6,578	50	7,377	30±10	295,1	823,1	1.118,2	-	165,0	5,90	0,663	0,726	-	0,136	<b>56,713</b>
		40,0	1,000	1,999	2,998	0,446	4,997	50	7,437	30±10	375,6	750,8	1.126,1	-	167,5	7,51	0,605	0,731	-	0,141	<b>67,993</b>
	AM-2  (Brita 2)	20,0	1,000	3,358	4,721	0,698	8,079	48	7,688	30±10	244,9	822,3	-	1.156,1	170,9	4,90	0,662	-	0,766	0,142	<b>49,563</b>
		30,0	1,000	2,354	3,633	0,534	5,987	48	7,643	30±10	320,3	754,0	-	1.163,6	171,0	6,41	0,607	-	0,771	0,145	<b>60,121</b>
		40,0	1,000	1,643	2,863	0,418	4,506	48	7,592	30±10	409,6	672,9	-	1.172,6	171,2	8,19	0,542	-	0,777	0,148	<b>72,619</b>
	AM-3  (Brita 1+2)	20,0	1,000	3,747	4,748	0,715	8,495	50	7,530	30±10	232,9	872,6	552,9	552,9	166,5	4,66	0,703	0,359	0,366	0,136	<b>47,965</b>
		30,0	1,000	2,715	3,714	0,548	6,429	50	7,376	30±10	300,4	815,7	557,9	557,9	164,6	6,01	0,675	0,362	0,369	0,136	<b>57,471</b>
		40,0	1,000	1,979	2,980	0,429	4,959	50	7,199	30±10	378,7	749,4	564,2	564,2	162,5	7,57	0,603	0,366	0,374	0,136	<b>68,489</b>
AM-1  (Brita 1)	20,0	1,000	3,546	4,546	0,719	8,092	50	7,908	60±10	244,9	868,3	1.113,2	-	176,1	4,90	0,699	0,723	-	0,146	<b>49,680</b>	
	30,0	1,000	2,572	3,572	0,559	6,144	50	7,825	60±10	313,6	806,5	1.120,0	-	175,3	6,27	0,649	0,727	-	0,147	<b>59,297</b>	
	40,0	1,000	1,884	2,883	0,446	4,767	50	7,734	60±10	391,1	736,9	1.127,6	-	174,4	7,82	0,593	0,732	-	0,149	<b>70,167</b>	
AM-2  (Brita 2)	20,0	1,000	3,201	4,372	0,698	7,573	49	8,142	60±10	259,7	831,2	-	1.135,3	181,3	5,19	0,669	-	0,752	0,152	<b>51,741</b>	
	30,0	1,000	2,281	3,414	0,534	5,695	49	7,976	60±10	334,7	763,4	-	1.142,6	178,7	6,69	0,615	-	0,757	0,152	<b>62,249</b>	
	40,0	1,000	1,630	2,737	0,418	4,367	49	7,788	60±10	420,6	685,5	-	1.151,1	175,8	8,41	0,552	-	0,762	0,152	<b>74,258</b>	
AM-3  (Brita 1+2)	20,0	1,000	3,523	4,346	0,715	7,869	51	8,062	60±10	249,9	880,5	543,1	543,1	178,7	5,00	0,709	0,353	0,360	0,148	<b>50,480</b>	
	30,0	1,000	2,599	3,458	0,548	6,057	51	7,765	60±10	317,0	823,9	548,1	548,1	173,7	6,34	0,663	0,356	0,363	0,145	<b>59,910</b>	
	40,0	1,000	1,941	2,826	0,429	4,767	51	7,439	60±10	392,0	760,9	553,9	553,9	168,2	7,84	0,613	0,360	0,367	0,142	<b>70,484</b>	

COTAÇÃO DOS MATERIAIS NA CIDADE DE MARINGÁ-PR EM 23/05/2003.

Cimento Portland (CP II Z-32)

R\$21,61/sc

US\$7,401

Pedra Britada (B1 e B2)

R\$21,00/m³

US\$7,192

Areia Lavada, natural quartzosa

R\$34,00/m³

US\$11,640

Água

R\$2,00/m³

US\$0,685

COTAÇÃO DO DOLAR EM 23/05/2003=

1,0US\$ = R\$2,920

**TABELA A7-2 – AVALIAÇÃO DE CUSTOS PARA CONCRETOS ADITIVADOS OBTIDOS PELO ÁBACO DE DOSAGEM – Misturas confeccionadas com areia média, britas nº 1, 2, (1+2) e abatimentos de 30±10mm e 60±10mm**

Identificação das Famílias de Traço	FC(28)  (MPa)	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO CONCRETO										CONSUMO DE MATERIAIS POR M³ DE CONCRETO										CUSTO POR M³ DE CONCRETO (US\$)		
		TRAÇO UNITÁRIO					m (kg)	α (%)	H (%)	Slump Test (mm)	MATERIAIS EM MASSA SECA						MATERIAIS EM VOLUME SOLTO e ÚMIDO							
		Cimento	Areia MÉDIA	Brita	Água	ADITIVO					Cimento	Areia MÉDIA	BRITA 1	BRITA 2	ÁGUA	ADITIVO	Cimento	Areia MÉDIA	BRITA 1	BRITA 2	ÁGUA		ADITIVO	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(sc)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(Litros)					
CONCRETO ADITIVADO (CEMIX - 3%Massa do Cimento) - Areia Média	AM-1	20,0	1,000	4,142	5,142	0,727	0,003	9,284	50	7,069	30±10	215,5	892,4	#####	-	156,6	0,650	4,31	0,719	0,719	-	0,125	0,546	46,344
	ADIT	30,0	1,000	3,047	4,046	0,562	0,003	7,093	50	6,944	30±10	277,0	844,0	#####	-	155,7	0,830	5,54	0,680	0,728	-	0,126	0,698	55,294
	(Brita 1)	40,0	1,000	2,270	3,269	0,445	0,003	5,539	50	6,805	30±10	347,4	788,5	#####	-	154,6	1,040	6,95	0,635	0,737	-	0,127	0,874	65,514
	AM-2	20,0	1,000	4,106	5,532	0,711	0,003	9,638	48	6,684	30±10	211,6	869,0	-	1.170,7	150,5	0,630	4,23	0,700	-	0,775	0,120	0,529	45,933
	ADIT	30,0	1,000	2,921	4,247	0,537	0,003	7,168	48	6,574	30±10	277,1	809,3	-	1.176,7	148,8	0,830	5,54	0,652	-	0,779	0,120	0,698	55,337
	(Brita 2)	40,0	1,000	2,076	3,332	0,413	0,003	5,408	48	6,445	30±10	355,4	737,7	-	1.184,0	146,8	1,070	7,11	0,594	-	0,784	0,121	0,899	66,592
	AM-3	20,0	1,000	4,285	5,284	0,675	0,003	9,569	50	6,387	30±10	208,3	892,5	550,3	550,3	140,6	0,620	4,17	0,719	0,357	0,364	0,109	0,521	44,068
	ADIT	30,0	1,000	2,969	3,968	0,514	0,003	6,937	50	6,476	30±10	281,8	836,7	559,1	559,1	144,9	0,850	5,64	0,674	0,363	0,370	0,116	0,714	54,909
	(Brita 1+2)	40,0	1,000	2,037	3,036	0,400	0,003	5,073	50	6,587	30±10	375,7	765,4	570,4	570,4	150,3	1,130	7,52	0,616	0,370	0,378	0,124	0,950	68,744
	AM-1	20,0	1,000	3,977	4,976	0,727	0,003	8,953	50	7,304	60±10	222,9	886,6	#####	-	162,1	0,670	4,46	0,714	0,720	-	0,131	0,563	47,432
	ADIT	30,0	1,000	2,885	3,884	0,562	0,003	6,769	50	7,234	60±10	289,2	834,4	#####	-	162,5	0,870	5,78	0,672	0,729	-	0,133	0,731	57,069
	(Brita 1)	40,0	1,000	2,111	3,110	0,445	0,003	5,221	50	7,153	60±10	366,4	773,5	#####	-	163,1	1,100	7,33	0,623	0,740	-	0,136	0,924	68,296
	AM-2	20,0	1,000	3,790	4,986	0,711	0,003	8,776	49	7,273	60±10	230,6	874,1	-	1.150,0	164,0	0,690	4,61	0,704	-	0,762	0,133	0,580	48,783
	ADIT	30,0	1,000	2,647	3,795	0,537	0,003	6,442	49	7,216	60±10	304,8	806,7	-	1.156,6	163,7	0,910	6,10	0,650	-	0,766	0,135	0,765	59,431
	(Brita 2)	40,0	1,000	1,832	2,947	0,413	0,003	4,779	49	7,147	60±10	395,3	724,1	-	1.164,8	163,2	1,190	7,91	0,583	-	0,771	0,138	1,000	72,440
	AM-3	20,0	1,000	3,773	4,586	0,675	0,003	8,359	51	7,212	60±10	236,7	893,1	542,8	542,8	159,8	0,710	4,73	0,719	0,352	0,359	0,129	0,597	48,374
	ADIT	30,0	1,000	2,806	3,656	0,514	0,003	6,462	51	6,888	60±10	301,0	844,6	550,2	550,2	154,7	0,900	6,02	0,680	0,357	0,364	0,125	0,756	57,776
	(Brita 1+2)	40,0	1,000	2,121	2,998	0,400	0,003	5,119	51	6,537	60±10	372,7	790,4	558,6	558,6	149,1	1,120	7,45	0,636	0,363	0,370	0,121	0,941	68,267

COTAÇÃO DOS MATERIAIS NA CIDADE DE MARINGÁ-PR EM 23/05/2003.

COTAÇÃO DO DOLAR EM 23/05/2003= 1,0US\$ = R\$2,920

Cimento Portland (CP II Z-32)

R\$21,61/sc US\$7,401

Água

R\$2,00/m³ US\$0,685

Areia Lavada, natural quartzosa

R\$34,00/m³ US\$11,640

Aditivo (plastificante) (CEMIX)

R\$4,41/dm³ US\$1,510

Pedra Britada (B1 e B2)

R\$21,00/m³ US\$7,192

**TABELA A7-3 – AVALIAÇÃO DE CUSTOS PARA CONCRETOS CONVENCIONAIS OBTIDOS PELO ÁBACO DE DOSAGEM – Misturas confeccionadas com areia fina, britas n° 1, 2, (1+2) e abatimentos de 30±10mm e 60±10mm**

Identificação das Famílias de Traço	FC(28)  (MPa)	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO CONCRETO								CONSUMO DE MATERIAIS POR M³ DE CONCRETO										CUSTO POR M³ DE CONCRETO (US\$)	
		TRAÇO UNITÁRIO				m (kg)	α (%)	H (%)	Slump Test (mm)	MATERIAIS EM MASSA SECA					MATERIAIS EM VOLUME SOLTO e ÚMIDO						
		Cimento	Areia FINA	Brita	Água					Cimento (kg)	Areia FINA (kg)	BRITA 1 (kg)	BRITA 2 (kg)	ÁGUA (kg)	Cimento (sc)	Areia FINA (m³)	BRITA 1 (m³)	BRITA 2 (m³)	ÁGUA (m³)		
CONCRETO CONVENCIONAL - Areia Fina	AF-1  (Brita 1)	20,0	1,000	3,948	4,568	0,745	8,516	52	7,829	30±10	229,3	905,3	1.047,5	-	170,8	4,59	0,744	0,680	-	0,138	47,588
		30,0	1,000	2,782	3,492	0,565	6,274	52	7,767	30±10	302,5	841,7	1.056,5	-	170,9	6,05	0,692	0,686	-	0,141	57,871
		40,0	1,000	1,960	2,732	0,438	4,692	52	7,695	30±10	390,5	765,4	1.066,9	-	171,1	7,81	0,629	0,693	-	0,143	70,213
	AF-2  (Brita 2)	20,0	1,000	3,248	4,081	0,740	7,329	51	8,885	30±10	260,4	845,7	-	1.062,6	192,7	5,21	0,695	-	0,704	0,162	51,809
		30,0	1,000	2,396	3,263	0,558	5,659	51	8,380	30±10	329,4	789,2	-	1.074,7	183,8	6,59	0,649	-	0,712	0,155	61,532
		40,0	1,000	1,792	2,683	0,429	4,475	51	7,836	30±10	405,6	726,8	-	1.088,1	174,0	8,11	0,598	-	0,721	0,148	72,276
	AF-3  (Brita 1+2)	20,0	1,000	3,474	4,658	0,747	8,132	49	8,180	30±10	240,3	834,9	559,7	559,7	179,5	4,81	0,687	0,363	0,371	0,149	48,955
		30,0	1,000	2,551	3,696	0,578	6,247	49	7,976	30±10	305,6	779,7	564,8	564,8	176,7	6,11	0,641	0,367	0,374	0,149	58,135
		40,0	1,000	1,895	3,014	0,458	4,909	49	7,751	30±10	378,7	717,6	570,6	570,6	173,4	7,57	0,590	0,371	0,378	0,148	68,402
	AF-1  (Brita 1)	20,0	1,000	3,380	4,209	0,745	7,589	51	8,674	60±10	254,8	861,3	1.072,5	-	189,8	5,10	0,708	0,696	-	0,159	51,072
		30,0	1,000	2,493	3,356	0,565	5,849	51	8,249	60±10	322,0	802,8	1.080,7	-	182,0	6,44	0,660	0,702	-	0,153	60,507
		40,0	1,000	1,867	2,755	0,438	4,622	51	7,791	60±10	395,6	738,6	1.090,0	-	173,3	7,91	0,607	0,708	-	0,147	70,823
	AF-2  (Brita 2)	20,0	1,000	3,211	3,888	0,740	7,099	52	9,137	60±10	268,1	860,9	-	1.042,4	198,4	5,36	0,708	-	0,690	0,167	53,002
		30,0	1,000	2,343	3,086	0,558	5,429	52	8,679	60±10	341,8	800,9	-	1.054,9	190,8	6,84	0,659	-	0,699	0,162	63,409
		40,0	1,000	1,727	2,518	0,429	4,245	52	8,179	60±10	424,6	733,3	-	1.069,2	182,2	8,49	0,603	-	0,708	0,156	75,074
	AF-3  (Brita 1+2)	20,0	1,000	3,373	4,372	0,747	7,745	50	8,542	60±10	251,3	847,7	549,4	549,4	187,7	5,03	0,697	0,357	0,364	0,157	50,612
		30,0	1,000	2,480	3,480	0,578	5,960	50	8,305	60±10	318,8	790,6	554,7	554,7	184,3	6,38	0,650	0,360	0,367	0,156	60,082
		40,0	1,000	1,847	2,846	0,458	4,693	50	8,045	60±10	393,8	727,3	560,4	560,4	180,4	7,88	0,598	0,364	0,371	0,154	70,642

COTAÇÃO DOS MATERIAIS NA CIDADE DE MARINGÁ-PR EM 23/05/2003.

Cimento Portland (CP II Z-32)

R\$21,61/sc

US\$7,401

Areia Lavada, natural quartzosa

R\$34,00/m³

US\$11,640

COTAÇÃO DO DOLAR EM 23/05/2003=

Pedra Britada (B1 e B2)

R\$21,00/m³

US\$7,192

Água

R\$2,00/m³

US\$0,685

1,0US\$ = R\$2,920

**TABELA A7-4 – AVALIAÇÃO DE CUSTOS PARA CONCRETOS ADITIVADOS OBTIDOS PELO ÁBACO DE DOSAGEM – Misturas confeccionadas com areia fina, britas n° 1, 2, (1+2) e abatimentos de 30+10mm e 60+10mm**

Identificação das Famílias de Traço	FC(28)  (MPa)	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO CONCRETO										CONSUMO DE MATERIAIS POR M³ DE CONCRETO										CUSTO POR M³ DE CONCRETO (US\$)		
		TRAÇO UNITÁRIO					m (kg)	α (%)	H (%)	Slump Test (mm)	MATERIAIS EM MASSA SECA						MATERIAIS EM VOLUME SOLTO e ÚMIDO							
		Cimento	Areia FINA	Brita	Água	ADITIVO					Cimento	Areia FINA	BRITA 1	BRITA 2	ÁGUA	ADITIVO	Cimento	Areia FINA	BRITA 1	BRITA 2	ÁGUA		ADITIVO	
														(sc)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(Litros)					
CONCRETO ADITIVADO (CEMIX - 3%Massa do Cimento) - Areia Fina	AF-1	20,0	1,000	4,066	4,677	0,777	0,003	8,743	52	7,975	30±10	227,5	925,1	1.064,1	-	176,8	0,68	4,550	0,761	0,691	-	0,143	0,571	48,464
	ADIT	30,0	1,000	2,923	3,621	0,592	0,003	6,544	52	7,847	30±10	293,5	857,9	1.062,8	-	173,8	0,88	5,870	0,706	0,690	-	0,143	0,740	57,841
	(Brita 1)	40,0	1,000	2,108	2,868	0,460	0,003	4,976	52	7,697	30±10	370,0	780,0	1.061,3	-	170,2	1,11	7,401	0,641	0,689	-	0,142	0,933	68,697
	AF-2	20,0	1,000	3,898	4,705	0,751	0,003	8,603	51	7,820	30±10	228,5	890,8	-	1.075,2	171,6	0,69	4,570	0,733	-	0,712	0,140	0,580	48,449
	ADIT	30,0	1,000	2,737	3,590	0,543	0,003	6,327	51	7,411	30±10	303,6	830,9	-	1.089,8	164,8	0,91	6,071	0,683	-	0,722	0,135	0,765	59,322
	(Brita 2)	40,0	1,000	1,916	2,802	0,396	0,003	4,718	51	6,925	30±10	395,4	757,5	-	1.107,8	156,6	1,19	7,907	0,623	-	0,734	0,129	1,000	72,648
	AF-3	20,0	1,000	3,538	4,724	0,684	0,003	8,262	49	7,385	30±10	239,1	845,9	564,8	564,8	163,5	0,72	4,782	0,696	0,367	0,374	0,133	0,605	48,875
	ADIT	30,0	1,000	2,683	3,834	0,532	0,003	6,517	49	7,077	30±10	296,8	796,2	568,9	568,9	157,9	0,89	5,935	0,655	0,369	0,377	0,129	0,748	52,218
	(Brita 1+2)	40,0	1,000	2,081	3,206	0,425	0,003	5,287	49	6,760	30±10	357,4	743,7	572,9	572,9	151,9	1,07	7,148	0,612	0,372	0,379	0,125	0,899	66,002
	AF-1	20,0	1,000	3,816	4,628	0,777	0,003	8,444	51	8,227	60±10	234,7	895,6	1.086,2	-	182,4	0,70	4,694	0,736	0,705	-	0,150	0,588	49,370
	ADIT	30,0	1,000	2,725	3,578	0,592	0,003	6,303	51	8,106	60±10	303,1	826,1	1.084,6	-	179,5	0,91	6,063	0,679	0,704	-	0,150	0,765	59,097
	(Brita 1)	40,0	1,000	1,945	2,830	0,460	0,003	4,775	51	7,965	60±10	382,8	744,6	1.083,4	-	176,1	1,15	7,657	0,612	0,704	-	0,149	0,966	70,417
	AF-2	20,0	1,000	3,662	4,304	0,751	0,003	7,966	52	8,376	60±10	245,5	899,1	-	1.056,7	184,4	0,74	4,910	0,739	-	0,700	0,152	0,622	51,019
	ADIT	30,0	1,000	2,627	3,348	0,543	0,003	5,975	52	7,785	60±10	319,8	840,1	-	1.070,7	173,7	0,96	6,396	0,691	-	0,709	0,143	0,807	61,797
	(Brita 2)	40,0	1,000	1,895	2,673	0,396	0,003	4,568	52	7,112	60±10	406,8	770,9	-	1.087,4	161,1	1,22	8,136	0,634	-	0,720	0,133	1,025	74,411
	AF-3	20,0	1,000	3,440	4,440	0,684	0,003	7,880	50	7,703	60±10	249,7	859,0	554,4	554,4	170,8	0,75	4,994	0,706	0,360	0,367	0,140	0,630	50,454
	ADIT	30,0	1,000	2,520	3,520	0,532	0,003	6,040	50	7,557	60±10	317,6	800,4	559,0	559,0	169,0	0,95	6,352	0,658	0,363	0,370	0,140	0,798	60,321
	(Brita 1+2)	40,0	1,000	1,872	2,872	0,425	0,003	4,744	50	7,399	60±10	392,9	735,5	564,2	564,2	167,0	1,18	7,857	0,605	0,366	0,374	0,140	0,992	71,262

COTAÇÃO DOS MATERIAIS NA CIDADE DE MARINGÁ-PR EM 23/05/2003.

Cimento Portland (CP II Z-32)

R\$21,61/sc US\$7,401

Água

R\$2,00/m³ US\$0,685

Areia Lavada, natural quartzosa

R\$34,00/m³ US\$11,640

Aditivo (plastificante) (CEMIX)

R\$4,41/dm³ US\$1,510

Pedra Britada (B1 e B2)

R\$21,00/m³ US\$7,192

COTAÇÃO DO DOLAR EM 23/05/2003= 1,0US\$ = R\$2,920

