

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS NORMATIVOS DAS**  
**ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS ASSOCIADOS A CRITÉRIOS**  
**DE EMPREGO E UTILIZAÇÃO**

**HALLEY RODRIGUES FILHO**

**ORIENTADOR: Dr. ELTON BAUER**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E**  
**CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: E.DM – 019 A/13**  
**BRASÍLIA / DF: OUTUBRO/ 2013**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS NORMATIVOS DAS  
ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS ASSOCIADOS A CRITÉRIOS  
DE EMPREGO E UTILIZAÇÃO**

**HALLEY RODRIGUES FILHO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CONSTRUÇÃO CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Elton Bauer, Dr. (UnB)**  
**(Orientador)**

---

**Prof. Claudio Henrique Pereira, Dr. (UnB)**  
**(Examinador Interno)**

---

**Profa. Helena Carasek, Dra. (UFG)**  
**(Examinadora Externa)**

**BRASÍLIA/DF, 11 OUTUBRO DE 2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FILHO, HALLEY RODRIGUES

Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização. [Distrito Federal] 2013.

xviii, 198 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Construções Cíveis, 2013).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Argamassa

2. Requisitos

3. Tecnológicos

4. Desempenho

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FILHO, R. H. (2013). Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização. Dissertação de Mestrado em Construções Cíveis, Publicação: T. DM – 00x x/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Halley Rodrigues Filho.

TÍTULO: Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização.

GRAU: Mestre ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Halley Rodrigues Filho  
halley.filho@bol.com  
UnB COLINA BL K AP 304  
CEP: 70.904.111 – Brasília/DF – Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente deixo aqui minha grata satisfação de poder concluir um trabalho com este valor, após um período árduo de estudos e abdições.

Quero expressar meu sincero reconhecimento ao Professor Elton Bauer pela competente e valiosa orientação, por sua compreensão (visto as dificuldades envolvidas no trabalho), por suas críticas e elogios, fundamentais para o êxito deste trabalho;

Aos meus colegas de Pós-Graduação, pelo saudável convívio, amizade, companheirismo e pela força em momentos difíceis, em especial a Vitor, Carlos, Marcos, Yulena, Janneth, Silvano, Maria, Nazaré, Lyssia;

Aos Técnicos do Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM/UnB e colaboradores, Washington, Patrícia e Elier;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro. Ao Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM/UnB pela disponibilização do acervo e equipamentos úteis para o desenvolvimento deste trabalho

Aos meus pais, Halley Rodrigues de Souza e Sebastiana Vilas Boas Rodrigues, e às minhas irmãs, Hallyanna e Aline, que na minha ausência puderam dar apoio incondicional aos meus pais;

Aos meus amigos, Aldecy e Welitom pelo incentivo a esta empreitada, que posso dizer, cumprida;

A minha noiva Margareth Silva, pela compreensão, paciência, confiança;

A todos, que participaram direta ou indiretamente para realização desta dissertação e que porventura deixaram de ser mencionados.

Finalmente a Deus, por estar presente comigo e me fazer permanecer firme e forte nesta árdua jornada.

Dedicado este trabalho  
aos meus pais, Halley e Sebastiana  
e à minha noiva Margareth Silva.

## **RESUMO**

### **AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS NORMATIVOS DAS ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS ASSOCIADOS A CRITÉRIOS DE EMPREGO E UTILIZAÇÃO**

**Autor: Halley Rodrigues Filho**

**Orientador: Elton Bauer**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, outubro de 2013**

O objetivo principal do presente estudo foi obter um perfil de comportamento e tendências das propriedades mecânicas e físicas das argamassas industrializadas, quando avaliadas pelos parâmetros das normas brasileiras e classificadas pelos critérios desempenho do Centre Scientific et Technique du Batiment (CSTB).

O estudo foi dividido em duas partes distintas, sendo que a primeira realizada seguindo os requisitos da norma ABNT NBR 13281:2005, dentro de uma padronização adotada (índice de consistência,  $260 \pm 5$  mm), onde se alcançou o espalhamento como critério pré-estabelecido para as condições de laboratório. A segunda, quanto às avaliações que simulam a produção em canteiro de obras, onde foram realizadas também conforme prescrições da ABNT NBR 13281:2005, e como critério pré-estabelecido, aplicou-se a penetração estática de 50 a 65 mm. Também foi realizada a divisão dos resultados das amostras em três grupos distintos com valores menores, intermediários e maiores, buscando uma melhor avaliação desses resultados, visto a heterogeneidade das amostras.

Os resultados demonstraram que os métodos propostos foram adequados, pois se comprovou a existência de tendências e comportamentos entre as duas avaliações propostas. As divisões dos grupos também corresponderam às expectativas da pesquisa, pois foi possível direcioná-las de uma forma mais homogênea o que possibilitou uma avaliação mais precisa das propriedades especificadas pela norma de requisitos e com isso sendo possível evidenciar a existência das tendências e comportamentos. Observou-se também que os resultados das avaliações dos Requisitos para os três grupos, em sua maioria, ficaram maiores que as dos Tecnológicos. A exceção ficou para a capilaridade no grupo I. As avaliações de desempenho pelo CSTB foram satisfatórias, pois observou-se que a maioria das argamassas apresentaram um fraco desempenho nas propriedades mais importantes retenção e água e capilaridade.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF STANDARD REQUIREMENTS ASSOCIATED WITH THE INDUSTRIALIZED MORTAR EMPLOYMENT CRITERIA AND USE**

**Author: Halley Rodrigues Filho**

**Supervisor: Elton Bauer**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, October of 2013**

The main objective of the present study was to obtain a profile of behavior and trends of the mechanical and physical properties of industrialized mortars, when evaluated by the parameters of Brazilian standards and performance criteria classified by the Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB).

The study was divided into two parts, with the first held following the requirements of ABNT NBR 13281:2005 within an adopted standardization (consistency index,  $260 \pm 5$  mm), which reached the scattering criterion pre-established for laboratory conditions. The second, as the evaluations that simulate production in construction site, where they also were performed according to requirements of ABNT NBR 13281:2005, and how to pre-established criteria, applied static penetration 50-65mm. The division of the sample results was carried out in three distinct groups with lower, intermediate and higher values, seeking a better evaluation of the results, since the heterogeneity of the samples.

The results demonstrated that the proposed methods were adequate, because it proved the existence of trends and behaviors between the two assessments proposed. The division of groups meet expectations of the research because it was possible directs them in a more homogeneous way, enabling a more accurate assessment of the properties specified by the standard requirements and thus being possible to demonstrate the existence of trends and behaviors. It was also observed that the results of evaluations of requirements for the three groups, in most cases, were higher than those of Technology. The exception was for capillarity in group I. Performance evaluations were satisfactory for CSTB, it was observed that most mortars showed a weak performance in important properties and water retention and capillarity.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Objetivo geral.....	4
1.1.2 Objetivo específico: .....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS EM ARGAMASSA</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 Fatores que influenciam o desempenho dos revestimentos externos de argamassa .....	5
2.1.2 Propriedades dos revestimentos em argamassa .....	6
2.1.3 Propriedades das argamassas no estado fresco .....	6
2.1.4 Propriedades dos revestimentos endurecidos .....	7
<b>2.2 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO, CONFORME NBR 13281:2005 (REQUISITOS)</b> .....	<b>8</b>
2.2.1 Retenção de água (ABNT NBR 13277:2005) .....	8
2.2.2 Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado (NBR 13278:2005).....	10
2.2.3 Absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade (NBR 15259).....	13
2.2.4 Resistência à tração na flexão e a compressão (NBR 13279:2005) .....	14
2.2.5 Densidade de massa aparente no estado endurecido (NBR 13280:2005).....	15
2.2.6 Resistência de aderência à tração e resistência potencial de aderência à tração (NBR 15258:2005).....	16
<b>2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO QUANTO AOS ENSAIOS ESPECIAIS</b> .....	<b>19</b>
2.3.1 Índice de Consistência “Mesa de Espalhamento” (NBR 13276:2005).....	19
2.3.2 Penetração estática de cone (ASTM-C780: 2012).....	21
2.3.3 Vane <i>tester</i> ou ensaio de palheta (ASTM-D4648:12) .....	23
2.3.4 Variação dimensional (retração/expansão linear) NBR 15261:2005 .....	24
2.3.5 Referenciais de desempenho .....	28
<b>2.4 REVISÃO DAS NORMAS (principais normas referentes as argamassas de revestimentos)</b> .....	<b>29</b>
2.4.1 Classificação segundo a ABNT NBR 13281:2005 .....	29
2.4.2 Certificação CSTB (1992).....	32
2.4.3 Norma ASTM C270:12 (2012).....	33
2.4.4 Norma Técnica Equatoriana NTE 2518 (INEN, 2010) .....	34
2.4.5 Norma Técnica Colombiana NTC 3329.....	35
2.4.6 Norma Técnica Guatemalteca NTG 41050 (2010) .....	36
2.4.7 Norma Técnica Cubana NC 175:20 (2002).....	36

2.4.8	Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC .....	37
2.4.9	Norma EN 998-1:2010.....	38
<b>2.5</b>	<b>RESUMO DAS NORMAS .....</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b><i>PROGRAMA EXPERIMENTAL.....</i></b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS .....</b>	<b>42</b>
3.1.1	Caracterização das argamassas .....	42
3.1.2	Avaliação dos ensaios de Requisitos.....	42
3.1.3	Avaliação quanto aos ensaios dos Tecnológicos .....	43
<b>3.2</b>	<b>AMOSTRA.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Distribuição Granulométrica .....	46
3.3.2	Massa Específica .....	48
3.3.3	Massa Unitária (Massa Especifica Aparente).....	49
<b>3.4</b>	<b>ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DA TRABALHABILIDADE.....</b>	<b>51</b>
3.4.1	Penetração Estática de Cone.....	51
3.4.2	Vane Tester .....	51
3.4.3	Índice de Consistência (Espalhamento) .....	52
3.4.4	Ensaio de Viscosidade e Tensão de Escoamento - Reômetro. ....	53
<b>3.5</b>	<b>PREPARO DAS MISTURAS ARGAMASSAS QUANTO AOS REQUISITOS ....</b>	<b>55</b>
<b>3.6</b>	<b>PREPARO DAS ARGAMASSAS QUANTO AS CONDIÇÕES DE CAMPO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.7</b>	<b>ENSAIOS E AVALIAÇÕES: .....</b>	<b>57</b>
3.7.1	Estado Fresco .....	57
3.7.2	Estado Endurecido.....	61
<b>4</b>	<b><i>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</i></b>	<b>73</b>
<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS NO ESTADO ANIDRO .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2</b>	<b>AVALIAÇÕES REALIZADAS QUANTO AOS REQUISITOS.....</b>	<b>80</b>
4.2.1	Caracterização das amostras no estado fresco quanto aos Ensaio Complementares.....	80
4.2.2	PROPRIEDADES AVALIADAS CONFORME CRITÉRIOS DA ABNT NBR 13281:2005, 84	
<b>4.3</b>	<b>PROPRIEDADES ANALISADAS QUANTO AS AVALIAÇÕES TECNOLOGICAS.....</b>	<b>91</b>
4.3.1	Caracterização das amostras no estado fresco quanto aos ensaios complementares. ....	92
4.3.2	Ensaio de reologia .....	96

<b>4.4</b>	<b>PROPRIEDADES ESPECIFICADAS CONFORME ABNT NBR 13281.....</b>	<b>98</b>
4.4.1	Resistência à Compressão.....	99
4.4.2	Resistência à Tração na Flexão.....	99
4.4.3	Resistência Potencial de Aderência à Tração.....	100
4.4.4	Coeficiente de Capilaridade.....	101
4.4.5	Densidade de Massa no Estado Endurecido.....	102
4.4.6	Densidade de Massa no Estado Fresco.....	103
4.4.7	Retenção de Água.....	104
<b>4.5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS NO ESTADO ENDURECIDO</b>	
	<b>QUANTO AOS ENSAIOS COMPLEMENTARES (TECNOLÓGICO).....</b>	<b>105</b>
<b>4.6</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>
4.6.1	Avaliação entre as propriedades dos Ensaios de Laboratório e dos Ensaios de Campo.....	110
<b>4.7</b>	<b>ANÁLISE DOS VALORES ENTRE TODOS OS GRUPOS.....</b>	<b>129</b>
4.7.1	Susceptibilidade à fissuração.....	141
<b>4.8</b>	<b>CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO.....</b>	<b>144</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>147</b>
5.1	SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES.....	153
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>155</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>162</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Funções do revestimento em argamassas .....	5
Tabela 2.2- Alguns fatores que influenciam no desempenho dos revestimentos externos de argamassa .....	6
Tabela 2.3- Propriedade dos revestimentos em argamassas. Fonte: (ANTUNES, 2010).....	6
Tabela 2.4- Propriedades das argamassas no estado fresco .....	7
Tabela 2.5- Propriedades dos revestimentos argamassados. Fonte: (BAUER, 2005).....	8
Tabela 2.6- Limites de resistência de aderência à tração, ABNT NBR 13749:1996 .....	17
Tabela 2.7- Classificação da resistência potencial de aderência à tração, ABNT NBR 15258 (2005) .....	18
Tabela 2.8- Fatores que influenciam a consistência e plasticidade (BAUER, 2005).....	19
Tabela 2.9- Critérios de avaliação de susceptibilidade à fissuração de revestimento de argamassa (CSTB, .....	28
Tabela 2.10- Valores médios de referência no estado fresco .....	29
Tabela 2.11- Valores médios de referência no estado endurecido .....	29
Tabela 2.12- Classificação das argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a ABNT NBR 13281:2005 .....	30
Tabela 2.13- Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos ABNT NBR 13749:1996.....	31
Tabela 2.14 - Classificação das propriedades das argamassas (CSTB, 1993) .....	32
Tabela 2.15- Especificação das propriedades <sup>A</sup> .....	34
Tabela 2.16- Guia de seleção de argamassas para acabamento <sup>A</sup> .....	34

Tabela 2.17- Classificação das argamassas ligantes por suas propriedades e traços (NTC 3329( NSR, 2010)).....	35
Tabela 2.18- Requisitos gerais para argamassas de revestimento (NC 175:20 (CTN, 2002)) .....	36
Tabela 2.19- Funções e exigências dos rebocos correntes para edifícios novos e as características das argamassas a usar, LNEC (2005).....	38
Tabela 2.20- Classificação para as propriedades das argamassas no estado endurecido, EN 998-1, 2010.....	39
Tabela 2.21- Resumo das diferenças entre as propriedades de cada Norma.....	40
Tabela 3.1- Identificação das argamassas industrializadas .....	46
Tabela 4.1- Resultados de caracterização física das argamassas no estado anidro .....	75
Tabela 4.2 - Identificação das areais das argamassas industrializadas .....	77
Tabela 4.3 - Teor de água necessária para espalhamento .....	81
Tabela 4.4 - Propriedades das argamassas em condições de Laboratório (Ensaio Complementares).....	83
Tabela 4.5 - Teor de água necessária para penetração de cone .....	93
Tabela 4.6- Propriedades das argamassas em condições de campo (ensaio complementares).....	95
Tabela 4.7 - Valores com os ensaios de viscosidade e tensão de escoamento .....	97
Tabela 4.8 - Propriedades das argamassas em condições de campo ( ensaio complementares).....	106
Tabela 4.9 - Valores de IRTR.....	128
Tabela 4.10 - Média por Grupos quanto aos Requisitos da NBR 13281:2005 .....	131

Tabela 4.11 - Média para todos os valores das propriedades das argamassa quanto aos Requisitos da NBR 13281:2005 .....	131
Tabela 4.12 - Critérios de avaliação da susceptibilidade a fissuração .....	142
Tabela 4.13 - Classificação para argamassas de revestimento estabelecidas pelo CSTB (adaptado de Veiga, 1997) - Ensaio de Campo.....	145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Funil de Buchner modificado utilizado para ensaio de retenção de água.....	10
Figura 2.2- Equipamento para realização do ensaio de ar incorporado. ....	13
Figura 2.3- Utensílio utilizado para ensaio de absorção de água por capilaridade.....	14
Figura 2.4- Equipamento utilizado para realização do ensaio de tração na flexão e compressão .....	15
Figura 2.5- Equipamento utilizado para ensaio de aderência à tração.....	18
Figura 2.6- Equipamento utilizado no ensaio para determinação do índice de consistência .....	21
Figura 2.7- equipamento utilizado para ensaio de penetração estática de cone .....	23
Figura 2.8- Equipamento utilizado para ensaio de <i>vane test</i> .....	24
Figura 2.9- Dispositivo usado por Veiga (1997) para medida de retração livre linear.....	26
Figura 2.10- Molde adaptado da norma ASTM C1579 (2006) para avaliar a fissuração....	26
Figura 2.11- Relógio comprador utilizado para ensaio de variação dimensional .....	27
Figura 3.1- Diagrama com as etapas dos ensaios no estado fresco, endurecido .....	44
Figura 3.2- Acondicionamento das argamassas .....	45
Figura 3.3- Peneirador mecânico (a) e peneiras utilizado nos ensaios (b).....	47
Figura 3.4- Frasco Le Chatelier utilizado nos ensaios e procedimentos: (a) detalhe das amostras (b) estabilização do querosene em água (c) amostras aptas para 2ª leitura .....	48
Figura 3.5- Utensílios, acessórios e procedimento do ensaio: (a) detalhe do recipiente que colocou-se a amostra (b) detalhe dos acessórios (c) pesagem do recipiente (d) colocação da amostra para adensamento da primeira camada (e) adensamento da 1ª camada (f) adensamento da 3ªcamada (g) rasamento (g) pesagem final .....	50

Figura 3.6- Procedimento do ensaio de espalhamento: (a) detalhe do rasamento da argamassa no recipiente tronco de cone (b) detalhe da argamassa deformada (c) detalhe da argamassa após o ensaio sendo mensurada. ....	53
Figura 3.7-(a) Gráficos de viscosidade (b) tensão de escoamento. ....	54
Figura 3.8-Procedimento do ensaio de viscosidade: (a) argamassa preparada para ensaio (b) (c) e (d) detalhe da colocação da haste (f) (g) (h) e (i) preenchimento dos vazios deixados pela haste (j) encaixe da haste (l) (m) detalhe encaixe da palheta (n) Realização dos ensaios de torque e viscosidade .....	55
Figura 3.9- Misturador mecânico utilizado nos ensaios .....	56
Figura 3.10- Misturador de argamassa utilizado nos ensaios.....	57
Figura 3.11- Procedimento do ensaio de ar incorporado: (a) argamassa colocada no recipiente (b) detalhe do adensamento (c) detalhe do rasamento (d) recipiente com argamassa pronto para acoplar a tampa (e) detalhe da injeção de água no equipamento (f) detalhe do marcador em percentagem.....	59
Figura 3.12- Procedimento do ensaio de prismas em argamassa: (a) detalhe da forma no adensador mecânico (b) detalhe da moldagem da 1ª camada (c) detalhe da retirada do excesso argamassa (d) detalhe dos prismas acondicionados em ambiente controlado.....	62
Figura 3.13- Procedimento do ensaio de resistência à tração na flexão: (a) detalhe do prisma colocado na prensa (b) prisma rompido (c) detalhe do prisma rompido .....	63
Figura 3.14 – Detalhe da placa metálica sobre um prisma ensaiado .....	64
Figura 3.15- Procedimento do ensaio de resistência à compressão axial: (a) detalhe do meio-prisma colocado na prensa (b) meio-prisma rompido (c) detalhe do meio-prisma rompido .....	64
Figura 3.16- Procedimento do ensaio de capilaridade: (a) detalhe das lâminas de vidro no recipiente (b) detalhe dos prismas no recipiente com água (c) detalhe dos prismas após ensaio .....	66

Figura 3.17 - Procedimento do ensaio de aderência: (a) detalhe da estocagem dos substratos padrão em ambiente a 23° C (b) perfuração do substrato padrão (c) detalhe das pastilhas coladas (d) preparo para ensaio de aderência (e) detalhe do corpo de prova extraído (f) mensuração do corpo de prova.....	69
Figura 3.18- Procedimento do ensaio de aderência: (a) detalhe da estocagem dos blocos em ambiente a 23° C (b) perfuração dos blocos (c) detalhe blocos perfurados (d) preparo para ensaio de aderência (e) bloco cerâmico ensaiado (f) detalhe de uma argamassa com aderência ruim .....	70
Figura 3.19 - Procedimento do ensaio de retração: (a) detalhe do prisma no aparelho comparador de comprimento (b) detalhe do prisma sendo aferida sua dimensão.....	72
Figura 4.1– Distribuição granulométrica das argamassas.....	74
Figura 4.2 - Imagem dos grãos das amostras A1 até A17 com escala em milímetros (mm) .....	78
Figura 4.3 - (continuação)- Imagem dos grãos das amostras A1 até A17 com escala em milímetros (mm).....	79
Figura 4.4 - Valores de água recomendada pelos fabricantes para mistura e água encontrada na mistura para espalhamento.....	81
Figura 4.5 - Resultados médios de resistência à compressão.....	85
Figura 4.6 - Resultados médios de resistência à tração na flexão .....	86
Figura 4.7 - Resultados médios de resistência potencial de aderência à tração .....	87
Figura 4.8 - Resultados médios de coeficiente de capilaridade.....	88
Figura 4.9 - Resultados médios de densidade de massa no estado endurecido.....	89
Figura 4.10 - Resultados médios de densidade de massa no estado fresco.....	90
Figura 4.11 - Resultados médios de retenção água.....	91

Figura 4.12- Valores de água recomendada pelos fabricantes para mistura e água encontrada na mistura para espalhamento.....	93
Figura 4.13 Resultados dos ensaios de ar incorporado (E.A.I). .....	95
Figura 4.14 - Resultados médios de resistência à compressão .....	99
Figura 4.15 - Resultados médios de resistência à tração na flexão .....	100
Figura 4.16 - Resultados médios de resistência potencial de aderência à tração .....	101
Figura 4.17 - Resultados médios de coeficiente de capilaridade.....	102
Figura 4.18 - Resultados médios de densidade de massa no estado endurecido.....	103
Figura 4.19 - Resultados médios de densidade de massa no estado fresco.....	104
Figura 4.20 - Resultados médios de retenção de água.....	105
Figura 4.21 - Gráfico com os valores de retração, perda de massa, água de dosagem e ar .....	106
Figura 4.22 - Valores de aderência nos blocos cerâmicos e aderência potencial à tração.	108
Figura 4.23 - Valores de resistência à compressão para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR.....	111
Figura 4.24 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão.....	112
Figura 4.25 - Gráfico com os valores individuais de compressão para as amostras de Requisitos versus Tecnológico .....	113
Figura 4.26 - Valores de resistência à tração na flexão para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR.....	114
Figura 4.27 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão.....	115
Figura 4.28 - Gráfico com os valores individuais de tração na flexão das amostras de Requisitos versus Tecnológico .....	116

Figura 4.29 - Valores de aderência à tração para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR.....	117
Figura 4.30 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de aderência à tração .....	117
Figura 4.31 - Gráfico com os valores individuais de resistência de aderência à tração das amostras de Requisitos versus Tecnológico .....	118
Figura 4.32 - Valores de coeficiente de capilaridade para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR .....	119
Figura 4.33 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão.....	119
Figura 4.34 - Gráfico com os valores individuais de coeficiente de capilaridade das amostras de Requisitos versus Tecnológico .....	121
Figura 4.35 - Valores de densidade de massa no estado endurecido para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR .....	121
Figura 4.36 - Gráficos com os valores de IRTR para avaliação de densidade de massa no estado fresco .....	122
Figura 4.37 - Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado endurecido das amostras de Requisitos versus Tecnológico.....	123
Figura 4.38 - Valores de densidade de massa no estado fresco para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR. ....	124
Figura 4.39 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de densidade de massa no estado fresco .....	124
Figura 4.40- Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado fresco das amostras de Requisitos versus Tecnológico.....	125
Figura 4.41 - Valores de retenção de água para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR.....	126
Figura 4.42 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão.....	126

Figura 4.43 - Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado fresco das amostras de Requisitos versus Tecnológico.....	127
Figura 4.44 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I.....	132
Figura 4.45 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I.....	133
Figura 4.46 - Gráfico com os valores médios de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I.....	133
Figura 4.47 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II.....	136
Figura 4.48 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II.....	136
Figura 4.49 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II.....	137
Figura 4.50 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III.....	139
Figura 4.51 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III.....	139
Figura 4.52 - Gráfico com os valores médios de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III.....	140

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES**

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM- American Society for Testing and Materials

CSTB-Centre Scientifique et Technique du Batiment

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

LEM- Laboratório de Ensaio de Materiais

LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil

EN- Norma Europeia

NBR- Norma Brasileira Regulamentada

NC- Norma Técnica Cubana

NM- Norma Mercosul

NTC- Norma Técnica Colombiana

NTG- Norma Técnica Guatemalteca

NTE- Norma Técnica Equatoriana

PECC- Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

RILEM- Réunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherche Sur

SBTA- Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas

UnB- Universidade de Brasília

UFG- Universidade Federal de Goiás

UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

# 1. INTRODUÇÃO

No Brasil são comuns os processos construtivos de edifícios que empregam paredes de alvenaria revestidas com argamassa, tanto no sistema de vedação vertical interno como externo. A argamassa é um dos produtos de maior utilização na construção, estando presente no revestimento e assentamento de alvenarias. Os sistemas de revestimentos de argamassa são integrantes das vedações e fundamentais para a durabilidade dos edifícios, desempenham as funções de absorver as deformações naturais a que as alvenarias estão sujeitas, de revestir e de proteger de maneira uniforme as alvenarias contra agentes agressivos externos (FERREIRA, 2010). Também promovem o isolamento termo-acústico e a estanqueidade à água e aos gases (SILVA, 2011).

Baía e Sabbatini (2004 apud PEREIRA, 2007) ressaltaram há nove anos o crescimento, por parte da indústria da construção civil, na busca por um desenvolvimento tecnológico enfocando a obtenção de ganhos de qualidade nos seus produtos e a redução dos custos dos processos construtivos. As empresas construtoras estão procurando, com isso, atingir uma posição competitiva no mercado da construção civil, trocando o empirismo do processo construtivo pelos conceitos de base científica, visando diminuir o elevado índice de fenômenos patológicos e desperdícios.

Apesar da busca do desenvolvimento tecnológico por parte das empresas de construção civil, ainda se observa um número muito elevado de edificações, em nível Brasil, que apresentam uma série de patológicas nos revestimentos argamassados. Brasília, como em todo país, está repleta destas manifestações patológicas, onde se visualiza com muita frequência, nas fachadas dos edifícios, trincas, fissuras, descolamentos, pulverulência entre outros.

Seguramente pode se afirmar que atualmente os sistemas de revestimento constituem-se um “gargalo tecnológico”, uma vez que existe grande diversidade de opções quanto às tipologias dos sistemas a utilizar, e mesmo em determinados sistemas (por exemplo: revestimento em argamassa de fachadas) existem diferenciações muito fortes no resultado final em função tanto dos tipos de materiais (argamassas mistas rodadas em obra ou argamassas industrializadas) como também no processo de produção dos revestimentos (BAUER *et al.* 2009).

Atualmente para avaliação experimental das argamassas, existe a Norma Brasileira ABNT NBR 13281:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos), já em sua terceira edição, que veio para contribuir com fornecimento de padronizações elementares. Essa norma conduz a um conjunto de outras normas de métodos de ensaio (discutidas mais adiante), adaptados da normalização internacional francesa (MERUC) que foi criada pelo *Centre Scientifique et Technique du Batiment* (CSTB), entre outras. Elas abordam várias propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, permitindo sua classificação dentro dos parâmetros mecânicos e físicos.

Um dos objetivos dessa classificação é o de que o projetista de fachada não especifique mais a argamassa pelo traço, mas sim especifique classes da propriedade que essa argamassa deva atender (BAUER *et al.* 2009).

Ainda neste viés, apesar da ABNT NBR 13281:2005 vir dotada de classificações para algumas propriedades (que ela aborda) das argamassas, entretanto, ela é ausente de recomendações quanto às condições de aplicação. Somente a Norma Brasileira ABNT NBR 13749:1996 (Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações), trata de algumas especificações dos revestimentos como: alguns critérios necessários às condições e local de aplicação (prumo, nivelamento, espessura da camada e limites de aderência à tração para emboço camada única).

Diante deste cenário (construção civil e normatização nacional), se faz necessário um estudo em obras do Distrito Federal (DF), para analisar através de ensaios em campo e em laboratório, as características das argamassas frente aos requisitos de desempenho das normas. Este estudo foi realizado através da normatização nacional e internacional, para saber como estão as argamassas de revestimentos produzidas no DF, visto que boa parte dessa produção é elaborada de forma empírica e intuitiva, com exceção às fabricadas pelas grandes indústrias que possuem respaldo do meio técnico e de laboratórios. Também se faz necessário neste estudo uma abordagem com recomendações para um melhoramento na classificação das faixas de desempenho frente aos diferentes requisitos, como também, recomendações quanto às condições de uso, que irão incrementar a norma nacional.

Em 2009 foi feito um primeiro estudo, no mesmo viés, onde se fez um levantamento das características argamassas de revestimentos produzidas no Distrito Federal, pelo

Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília – LEM/UnB, avaliando as argamassas pelos critérios da norma ABNT NBR 13281:2005; (RELATÓRIO TÉCNICO No. 08110215-b/2011).

Esta dissertação dá continuidade à linha de pesquisa referente a “Sistemas Construtivos e Desempenho de Materiais e Componentes”, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC/UnB), particularmente no tema “Desempenho de Revestimentos de Fachadas”. Dentro desta mesma linha de pesquisa, deve-se destacar o mérito de algumas contribuições em trabalhos experimentais como:

- Saraiva (1998) que identificou as tensões de natureza térmica em sistema revestimento cerâmico de fachada;
- Oliveira (1999) com a avaliação do comportamento mecânico de sistemas de revestimento à base de argamassa modificados com polímeros;
- Cortez (1999) que analisou a incorporação de fibras sintéticas nas argamassas de revestimento;
- Alves (2002) com o estudo sobre aditivos incorporadores de ar em argamassas;
- Leal (2003) com o estudo de desempenho do chapisco;
- Santos (2003) com critérios de projetabilidade de argamassas industrializadas;
- Do Ó (2004) com o estudo da retenção de água nas argamassas de revestimento;
- Gonçalves (2004) com o estudo de variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos de argamassa;
- Paes (2004) que avaliou o transporte de água em argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação;
- Sousa (2005) que estudou as propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco;
- Pereira (2007) com sua contribuição ao estudo da fissuração e o mecanismo de descolamento de revestimentos à base de argamassa;
- Chagas (2009) com o estudo e proposição de um modelo de resistência à fadiga de argamassa de revestimento em estado plano e tridimensional de tensões.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Identificar tendências e comportamentos nas propriedades mecânicas e físicas das argamassas industrializadas quando avaliadas pelos parâmetros das normas brasileiras e classificadas pelos critérios do Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB).

### **1.1.2 Objetivo específico:**

- Efetuar prospecção dos principais fornecedores das principais argamassas de revestimento da região geoeconômica do Distrito Federal;
- Identificar e especificar critérios de comparação das argamassas em laboratório, de acordo com as normas brasileiras;
- Identificar e especificar critérios de comparação das argamassas para produção em campo seguindo critérios das normas brasileiras e internacionais;
- Definir procedimentos experimentais e aplica-los para caracterização das argamassas industrializadas no estado anidro;
- Aplicar uma rotina experimental com base nos procedimentos e critérios definidos de modo a avaliar as argamassas em termos de suas propriedades e características;
- Agrupar as argamassas em função das suas tendências de comportamento observadas para cada propriedade e característica estudada;
- Comparar as tendências observadas entre os resultados da rotina experimental de laboratório e da rotina experimental de campo;
- Classificar as argamassas industrializadas conforme critérios de desempenho do CSTB.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 FUNÇÕES DOS REVESTIMENTOS EM ARGAMASSAS**

Os revestimentos em argamassas têm um papel importante no desempenho das fachadas dos edifícios, principalmente quando se trata de suas funções como proteção, acabamento final e complemento das vedações. A Tabela 2.1 elaborada com base nos trabalhos de Do Ó (2004) e Antunes (2010), aborda as funções de proteção, acabamento final e complemento

das vedações para os revestimentos argamassados principalmente os externos, as quais, consideradas mais importantes a de proteção (protegem os elementos de vedação e estruturas contra deteriorações) e complemento de vedações (responsáveis por auxiliar as vedações no comprimento das funções de estanqueidade a água, entre outros).

Tabela 2.1- Funções do revestimento em argamassas

Funções	Descrição
Proteção	Proteger os elementos de vedação e estruturais contra deterioração (desgastes e abalos superficiais). Esta função está associada a exigências de durabilidade dos elementos estruturais e das vedações (lajes, pilares e vigas, paredes), evitando com isso, a ação direta de agentes agressivos sobre estes.
Acabamento final	Está relacionado diretamente com a estética das edificações tendo como função de valorização econômica do edifício. Também está relacionado com seu uso, como por exemplo, sanidade, higiene e segurança de utilização.
Complemento das vedações	Tem como finalidade, auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• estanqueidade ao ar e a água;</li> <li>• proteção termo-acústica;</li> <li>• segurança: contra a ação do fogo, contra invasões e também como complemento estrutural da própria vedação.</li> </ul>

### 2.1.1 Fatores que influenciam o desempenho dos revestimentos externos de argamassa

Quanto à importância dos fatores que influenciam as propriedades das argamassas e dentre esses temos alguns, como: condições de exposição, características da base a ser revestida e condições de execução. A Tabela 2.2 elaborada com base nos trabalhos de Cortes (1999) e Do Ó, 2004, discorre sucintamente estas propriedades supracitadas onde são de grande importância para o desempenho do sistema. Por exemplo, as condições de exposição são influenciadas pelo clima local, as construções no entorno da edificação, posição relativa da fachada, entre outros.

Tabela 2.2- Alguns fatores que influenciam no desempenho dos revestimentos externos de argamassa

<b>Fatores</b>	<b>Descrição</b>
Condições de exposição	Fatores como o clima local, as construções em torno da edificação, a posição relativa do revestimento na fachada e a presença de detalhes construtivos ou arquitetônicos de proteção são determinantes das condições de exposição às intempéries dos revestimentos de fachada.
Características da base a ser revestida	As bases a serem revestidas possuem características como tipo e constituintes dos materiais empregados, rugosidade e textura superficial, porosidade outros. Estas características influenciam diretamente na aderência dos revestimento.
Condições de execução	Está ligada ao tempo necessário para transporte da argamassa no canteiro de obras, a técnica de aplicação, natureza do acabamento final e tempo previsto para o início da sua aplicação.

### 2.1.2 Propriedades dos revestimentos em argamassa

Os revestimentos em argamassas (internos ou externos) têm um papel muito importante no desempenho dos edifícios relativos à estanqueidade aos gases e água, isolamento termo-acústico, além de sua importância na regularização e estética do edifício. A Tabela 2.3 traz algumas descrições a respeito destas propriedades supracitadas, onde se tem a estanqueidade à água como uma das mais importantes no desempenho do sistema.

Tabela 2.3- Propriedade dos revestimentos em argamassas. Fonte: (ANTUNES, 2010)

<b>Propriedade</b>	<b>Descrição</b>
Estanqueidade à água	A estanqueidade do sistema pode ser assegurada a partir de uma argamassa de baixa permeabilidade. Ela pode ser conseguida com a utilização de argamassas de baixa capilaridade, com uso de aditivos incorporadores de ar (melhora), adições para aumento da massa específica da mesma, etc.
Conforto térmico	Contribuem para o isolamento térmico de fachadas. Os revestimentos podem ter sua eficiência melhorada com a utilização de argamassas de massa específica menores, visto que o volume de vazios funcionará como uma bolsa de ar diminuindo assim a propagação da condutibilidade térmica neste material. A utilização de aditivos incorporadores de ar contribui para a diminuição da massa específica das argamassas usadas nos revestimentos
Isolamento acústico	Os revestimentos contribuem na diminuição de ruídos provenientes de impactos e transmitidos pelo ar. Também podem apresentar um bom desempenho quando utilizados em paredes delgadas de alvenarias.
Regularização e estética de fachadas	Utilizados para correções eventuais de falhas e imperfeições grosseiras do revestimento, permitindo com isso criar uma superfície regular além do efeito visual que valoriza o imóvel.

### 2.1.3 Propriedades das argamassas no estado fresco

As propriedades das argamassas no estado fresco são essenciais para garantir um bom manuseio do operário durante a aplicação, assim como de seu desempenho mecânico. A Tabela 2.4 elabora com base nos trabalhos de Bauer (2005) e Do Ó (2004), cita as algumas descrições das propriedades das argamassas no estado fresco como: plasticidade,

consistência, trabalhabilidade, retenção de água, densidade de massa, teor de ar incorporado e adesão inicial. Onde, considera-se como mais influente na trabalhabilidade a consistência plasticidade.

Tabela 2.4- Propriedades das argamassas no estado fresco

Propriedade	Descrição
Plasticidade	Permite a argamassa deformar-se sem ruptura, sob a ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação depois de retirado o esforço. Uma forma de se avaliar esta propriedade na argamassa é através do ensaio que mede a resistência ao cisalhamento, feito pelo Vane Tester normatizado pela ASTM D 4648-10
Consistência	Propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas; A consistência pode ser definida por algumas propriedades reológicas como: viscosidade, dilatância e estruturação interna da argamassa.
Trabalhabilidade	Está ligada a facilidade do operário durante as operações de manuseio e aplicação das argamassas. Em geral, a falta de trabalhabilidade da argamassa é traduzida em aspectos como uma argamassa áspera, muito seca ou muito fluida, com segregação e exsudação excessiva, com dificuldade de espalhar sobre a base de aplicação, falta de “liga”, falta de adesão inicial, e em certas dificuldades para início das operações de acabamento (ou “puxa” muito rápido ou muito lento).
Retenção de água	Propriedade que confere à argamassa a capacidade de essa não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período adequado de tempo quando sujeita à solicitações que provoquem perda de água, seja ela por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.
Densidade de massa e Teor de ar incorporado	Também afetam diretamente a trabalhabilidade das argamassas. Tem relação direta com os materiais que são empregados na confecção das argamassas (natureza e dosagem). Argamassas mais leves e/ou com porcentagens maiores de ar incorporado produzem-se argamassas mais leves e com maior trabalhabilidade.
Adesão inicial	Espera-se que no instante do lançamento da argamassa fresca contra o substrato ocorra a adesão inicial. Está propriedade está ligada a trabalhabilidade (onde uma argamassa pouco trabalhável traduz-se em uma baixa adesão inicial), a retenção de água (argamassas com maior retenção de água, possuem tensão superficial elevada, influenciando negativamente na adesão inicial), etc.

#### 2.1.4 Propriedades dos revestimentos no estado endurecido

As propriedades dos revestimentos no estado endurecido também são muito importantes, pois contribuem com o desempenho do mesmo. Várias de suas propriedades, como: aderência, permeabilidade, capacidade de absorver deformações, entre outras, irão influenciar diretamente no desempenho mecânico do revestimento. Na Tabela 2.5 são apresentadas às propriedades dos revestimentos argamassados de forma sucinta. Observa-se que dentre as propriedades, a aderência, a capacidade de absorver deformações e a permeabilidade podem ser consideradas como as mais importantes no desempenho do sistema principalmente no quesito fissuras.

Tabela 2.5- Propriedades dos revestimentos argamassados. Fonte: (BAUER, 2005)

<b>Propriedade</b>	<b>Descrição</b>
Capacidade de absorver deformações	Esta propriedade está relacionada com a capacidade do revestimento absorver/acompanhar as deformações geradas por esforços internos ou externos de diversas origens.
Aderência	Propriedade responsável pela ancoragem revestimento/substrato ao qual influenciará no desempenho do sistema. Ela é influenciada por diversos fatores como a natureza dos materiais, área de contato real, atrito e recuperação das deformações elásticas que surgem nos pontos de contato através da pressão de justaposição.
Resistência à compressão, à abrasão e dureza superficial	Estas propriedades possuem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento. São influenciados pelas cargas de impacto, abrasão superficial ou movimentações higroscópicas por umidade de infiltração.
Permeabilidade	Responsável pela possível passagem da água através da argamassa ou o componente ou elemento da construção, podendo a passagem ocorrer por infiltração, por capilaridade ou por difusão. Este fenômeno pode ser influenciado pela granulometria das areias, características e proporcionamento dos materiais que compõem a argamassa, entre outros.

## **2.2 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO, CONFORME NBR 13281:2005 (REQUISITOS)**

Para que as argamassas de revestimento possam desempenhar suas funções, se faz necessário que apresentem, no estado fresco e no estado endurecido, um conjunto de propriedades que estejam devidamente classificadas para que possam ser adequadamente prescritas quanto aos seus tipos e condições de utilização. Dentre as diversas propriedades, às principais são elencadas pela ABNT NBR 13281:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos).

O conhecimento destes requisitos poderá proporcionar um melhor controle das características das argamassas de revestimento, que é de interesse de todos os envolvidos na cadeia da construção civil. Com intuito de compreendê-las de uma forma mais abrangente, serão apresentadas e comentadas em sequência.

### **2.2.1 Retenção de água (ABNT NBR 13277:2005)**

Retenção de água é a capacidade da argamassa perder ou não água para o ambiente externo ou para o substrato. A retenção de água corresponde à propriedade que confere a argamassa a capacidade de não alterar seu comportamento reológico de modo a comprometer propriedades de trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período

máximo de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, seja por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação (DO Ó, 2004). Essa característica é importante, pois permite a adequada hidratação do cimento, o endurecimento da argamassa de forma gradativa, garantindo o desempenho esperado no revestimento ou no assentamento (NAKAKURA, 2003).

Uma argamassa retém naturalmente a água usada no amassamento, molhando a superfície dos grãos de areia e do aglomerante e preenchendo seus vazios. O excesso de água pode sair da mistura por exsudação, evaporação ou sucção do substrato (BASTOS, 2001). A retenção de água pode ser elevada com incremento na área da superfície específica dos constituintes (adições de finos), com uso de aditivos retentores de água que possuem características de adsorverem ou impedirem sua percolação através da massa sólida e também com a dição de cal que além de favorecer a retenção de água, também influencia na trabalhabilidade.

Do Ó (2004) discorre que as principais propriedades reológicas são bastante influenciadas pela retenção de água, ou seja, a argamassa deve apresentar retenção de água máxima, compatível com a trabalhabilidade que forneça coesão, plasticidade e consistência necessárias para garantir que, após o lançamento sobre o substrato, a mesma tenha uma adesão inicial suficiente para manter-se aderida. Boynton e Gutschik (1964, apud ARAÚJO, 1995) afirmaram que argamassa com elevada capacidade de retenção de água promove extensão e resistência de aderência satisfatória, principalmente em substratos com elevado potencial de sucção. Os mesmos autores explicam que essa extensão de aderência é melhorada, pois uma argamassa com retenção de água adequada proporcionará consistência e plasticidade capazes de diminuir falhas de contato entre a argamassa e o substrato, o que possivelmente promoverá uma resistência de aderência aceitável. Entretanto, Robinson e Brown (1988, apud CARASEK, 1996) constataram, ao realizarem um experimento com uma ampla variação na retenção de água das argamassas (45 a 90%) e vários tipos de tijolos, uma pequena influência da referida propriedade na aderência, sendo o maior valor encontrado para a resistência de aderência à tração na argamassa de menor capacidade de retenção de água (45%). A Figura 2.1 ilustra um dos equipamentos utilizado para o ensaio de retenção de água.



Figura 2.1- Funil de Buchner modificado utilizado para ensaio de retenção de água

### **2.2.2 Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado (NBR 13278:2005)**

De uma forma geral, densidade de massa é um parâmetro que fornece indiretamente informações qualitativas acerca da compacidade de uma mistura. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 13278:2005, a densidade de massa é definida como sendo a razão entre a massa de argamassa que ocupa um recipiente e o volume do mesmo, tendo seu valor expresso em quilogramas por metro cúbico. A densidade de massa é um dos requisitos da norma que influencia diversas propriedades das argamassas, como: aderência, retenção de água, resistências (tração/compressão), etc., podendo esta argamassa ser: leve, normal ou pesada, de acordo com o processo de produção e tipo de aplicação. Essa razão é muito utilizada para determinar o rendimento das argamassas. Com o valor da densidade de massa de uma argamassa, pode-se ter uma indicação do teor de ar existente na mistura e da facilidade de aplicação que a argamassa apresenta, uma vez que quanto menor a densidade de massa, essa se apresentará mais propícia a fornecer um menor esforço para sua aplicação (MACIEL, 1997; ALVES, 2002).

O teor de ar incorporado é a quantidade de ar introduzido no interior da argamassa através do processo mecânico de mistura cujo fenômeno ocorre através de processos físicos no interior da argamassa, onde depende do teor e do tipo do aditivo além do tempo de mistura, ou seja, com o aumento da concentração dos aditivos, ocorre um aumento do teor de ar

incorporado, para um mesmo tempo de mistura. O ar incorporado, devido à utilização dos aditivos incorporadores, é um dos responsáveis pela quantidade de vazios na mesma, o que afeta diretamente as propriedades das argamassas no estado fresco, tais como: densidade de massa no estado fresco, com a incorporação de microbolhas em seu interior; retenção de água, pelas características físico-químicas das microbolhas de ar, supõe-se que a mesma retém água (ALVES, 2002); plasticidade, que aumenta em função das microbolhas de ar aumentarem a estruturação interna do sistema; consistência, diminuída pela ação “lubrificante” das microbolhas de ar na argamassa; exsudação, onde as microbolhas de ar aumentam a estruturação interna das argamassas, permitindo uma certa diminuição na quantidade de agregados miúdos, sem alterar a tendência de exsudação; redução de água, fato da diminuição da quantidade de finos em função da “lubrificação pelas bolhas de, se requer menos água para molhar a argamassa.

A capacidade dos aditivos (incorporadores de ar e retentores de água) promotores de viscosidades alterarem positivamente a trabalhabilidade das argamassas também é confirmada, pois permite a confecção de argamassas sem cal, por exemplo, apenas com o aditivo incorporador de ar como agente plastificante. A aplicação também é facilitada e pode ser explicada pelo fato do tensoativo contido nestes diminuir a tensão superficial, provocando uma maior facilidade de molhagem do substrato pela argamassa e com isso garantir aumento da região de contato entre ambos. O rendimento das argamassas também é aumentado, devido à diminuição da massa específica pela presença de microbolhas de ar no interior da mistura. Com essa diminuição, consegue-se um maior volume de argamassa para uma mesma quantidade de material anidro, ao se comparar com uma argamassa sem aditivos.

A quantidade de ar no interior da argamassa depende de algumas variáveis, entre elas, estão o processo de mistura, o tempo de mistura e o tipo e da quantidade de aditivos empregados para formulação da argamassa. Segundo Carasek (1996), os teores de ar incorporado não ultrapassam a 4,6% em argamassas normais. Alves (2002) discorre que podem ser encontrados valores superiores a 30%. Estudos recentes feitos pelo Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília – LEM (UnB) obtiveram valores de até 8% para argamassas normais (cimento e cal) e 25% para as confeccionadas com esses aditivos.

Os vazios presentes nas argamassas são decorrentes do ar aprisionado ou incorporado, ou ainda por espaços deixados após a evaporação do excesso de água (POSSER, 2004). Alves (2002) e Antunes (2005), em suas pesquisas, comprovaram a redução da resistência de aderência à tração com aumento do teor de ar incorporado em argamassas de revestimentos, que atribuem à redução dos pontos de contato da argamassa com o substrato devido, principalmente, à presença das bolhas de ar nesta interface. Silva *et al.* (2009) verificaram que, além da redução das resistências mecânicas em argamassas de cimento e areia, o ar incorporado pode reduzir a permeabilidade e o módulo de elasticidade. Segundo Silva *et al.* (2011), o teor de ar incorporado em argamassas de revestimento deve ser criteriosamente analisado, pois além de modificar propriedades, como plasticidade e consistência, facilitando a aplicação da argamassa, também afeta diversas propriedades no estado endurecido.

Não existe consenso entre os pesquisadores quanto ao teor de ar incorporado ideal para as argamassas de revestimentos. A norma ASTM C270(1999) recomenda teores de ar incorporado entre 12% e 18% para argamassas de revestimento. Alves (2002) recomenda no mínimo 14% e máximo de 20% de ar incorporado para argamassas de revestimento, sendo os mesmos limites recomendados pela Bs 4887 (1986). O mesmo autor cita que BENINGFIELD (1988) em um estudo do Instituto de Desenvolvimento de Pesquisa em Alvenaria de Melbourne, ocorrido em 1977, estabelecia que o teor de vazios para as argamassas não deveria exceder 20% e, preferencialmente, não ultrapassar 15%. Todas estas recomendações são sugeridas para todos os tipos de argamassas de revestimento, independente dos materiais que as constituem. A Figura 2.2 ilustra o equipamento para realização do ensaio de ar incorporado.



Figura 2.2- Equipamento para realização do ensaio de ar incorporado.

### 2.2.3 Absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade (NBR 15259)

A capilaridade é uma das propriedades responsáveis pela água absorvida pelos revestimentos argamassados, sob a ação, por exemplo, de água das chuvas ou umidades ascensional dos solos na base dos revestimentos. Este fenômeno refere-se à movimentação de água pelos capilares dos revestimentos argamassados, sem pressão hidrostática significativa. A absorção por capilaridade permite avaliar a facilidade de entrada de água, como o seu transporte dentro da estrutura porosa desses revestimentos.

Esta propriedade está ligada intimamente com outras propriedades, como por exemplo, densidade de massa no estado endurecido, teor de vazios e ar incorporado.

Segundo Araújo (2004) e vários pesquisadores (RAMACHANDRAN, 1984; BORTOLUZZO, 1999; ALVES, 2002) afirmam que as argamassas com traços mais pobre em cimento apresentam maior absorção por capilaridade. Segundo estes autores, os aditivos fazem com que os capilares da matriz de cimento sejam interrompidos pelas bolhas de ar incorporado, resultando em uma rede de capilaridade mais fechada, o que justifica sua baixa absorção capilar.

O coeficiente de capilaridade permite mesurar a velocidade da sucção capilar que passa pela estrutura porosa dos revestimentos em argamassas em função da raiz quadrada do tempo, ou seja, ele é o coeficiente angular da reta, tomando-se no eixo das abscissas a raiz quadrada dos tempos de 10 minutos e 90 minutos, e no eixo das ordenadas as absorções de água correspondentes a estes tempos.

O ensaio de absorção de água por capilaridade consiste na avaliação da evolução da quantidade de água absorvida por capilaridade (medição do acréscimo de massa) por unidade de área, em intervalos de tempo definidos, bem como o valor para o qual esta evolução tende em longo prazo. A Figura 2.3 ilustra o utensílio utilizado para o ensaio de absorção de água por capilaridade.

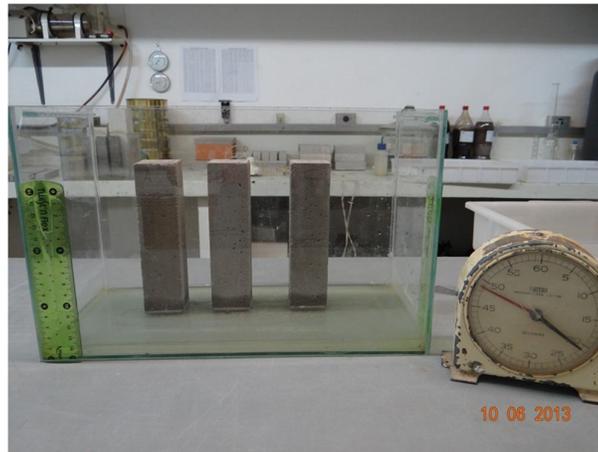


Figura 2.3- Utensílio utilizado para ensaio de absorção de água por capilaridade

O ensaio para se encontrar o coeficiente de capilaridade é muito importante para comunidade técnica poder especificar corretamente uma argamassa de revestimento de acordo com o tipo de aplicação a que ela se destina. Mesmo com sua relevância, ainda assim, existem poucos estudos acerca deste tema se comparados, por exemplo, com os estudos de aderência.

#### **2.2.4 Resistência à tração na flexão e a compressão (NBR 13279:2005)**

Estas propriedades estão relacionadas aos esforços gerados por tensões na interface substrato argamassa.

A capacidade da argamassa de resistir a esforços de compressão é uma característica das argamassas de assentamento e das argamassas de revestimento. Quanto a capacidade de resistir aos esforços de tração, tanto de aderência quanto de flexão, em geral, um requisito das argamassas de revestimento. Outros esforços, como cargas de impacto, abrasão superficial ou movimentos higroscópicos por umidade de infiltração, são exemplos de

solicitações que exigem resistência mecânica dos revestimentos, pois geram tensões internas que tendem a desagregá-los (ARAÚJO, 1995).

Muitas vezes, a baixa resistência à tração na flexão não permite ao revestimento suportar os esforços de tensões, provocando assim manifestações patológicas, como as fissuras.

Bauer e Cortez (2001), em seus estudos, constataram que a adição de fibras de polipropileno com 20 mm de comprimento em argamassas de revestimento proporcionou um aumento nas resistências à compressão e à tração na flexão. Araújo (2011) verificou nas argamassas de revestimento que a resistência à compressão e a tração na flexão destas argamassas possuem uma provável dependência do consumo de cimento e da granulometria das areias. A Figura 2.4 ilustra o equipamento utilizado para realização dos ensaios resistência à tração na flexão e à compressão.



Figura 2.4- Equipamento utilizado para realização do ensaio de tração na flexão e compressão

### **2.2.5 Densidade de massa aparente no estado endurecido (NBR 13280:2005)**

De acordo com a norma ABNT NBR 13280:2005, densidade de massa aparente no estado endurecido é definida como sendo a relação entre a massa e o volume aparente do prisma de argamassa, tendo seu valor expresso em quilogramas por metro cúbico.

Esta propriedade é influenciada principalmente pela compactidade na argamassa de revestimento, entre outros, e pode influenciar no desempenho do revestimento quanto às características térmicas.

Silva (2011), em seus estudos, concluiu que algumas argamassas produzidas com areia britada apresentaram densidade de massa significativamente maior que as argamassas feitas com areia natural, justificado pelo autor devido ao baixo teor de ar incorporado, pela maior massa específica da areia em relação a areia natural e pelo menor consumo de água pela areia britada.

Argamassas mais densas conferem à argamassa maiores resistências à tração na flexão e à compressão, porém podem influenciar em outras propriedades como, por exemplo, aumento do módulo de elasticidade devido às argamassas mais densas normalmente apresentarem uma dureza maior, podendo provocar algum tipo de fissura em revestimentos com forte exposição a sol e chuva, entre outros tipos de patologia.

#### **2.2.6 Resistência de aderência à tração e resistência potencial de aderência à tração (NBR 15258:2005)**

A resistência de aderência à tração representa a máxima tensão que um revestimento suporta, sem se soltar do substrato a que esta ancorado, quando submetido a um esforço normal de tração; essa resistência pode ser medida por diversos tipos de aparelho (ARAÚJO, 1995). Apesar das diferenças no tipo de determinação, o princípio de gerar a carga de ruptura é o mesmo: consiste na imposição de um esforço de tração perpendicular ao revestimento a ser ensaiado (Gonçalves, 2004).

Segundo Carasek *et al.* (2001), as argamassas formuladas com cal preenchem mais facilmente toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência.

A aderência, dentre as propriedades no estado endurecido, é considerada fundamental para garantir o desempenho das funções do revestimento e da durabilidade (SILVA, 2011). Esta propriedade proporcionará ao revestimento a capacidade de absorver as solicitações a que lhe serão impostas.

Silva (2011) também comenta que a aderência é significativamente influenciada pelas condições do substrato, características e proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa, principalmente pelo consumo de cimento e, também, pela técnica de execução.

Apesar de alguns tipos de aditivos influenciarem na redução da resistência de aderência a tração, como, por exemplo, os incorporadores de ar, sem dúvida, o aumento do teor de ar para qualquer aditivo acima de um certo valor, reduz a aderência das argamassas. Alves (2002), em seus estudos, encontrou uma redução de até 55% no valor da resistência de aderência à tração, com o aumento do teor de ar em argamassas de revestimento.

A possível redução na resistência de aderência encontrada em argamassas com ar incorporado é atribuída à diminuição da superfície de contato entre a argamassa e o substrato, e pela redução de propriedades mecânicas devido ao incremento da porosidade na argamassa, após a incorporação de certa quantidade de ar.

Para a avaliação da resistência de aderência em um revestimento de argamassa, a Associação Brasileira de Normas Técnicas apresenta três normas que referenciam a resistência de aderência: a ABNT NBR 13528:2005, que prescreve o método de ensaio para determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassas aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos ou não metálicos; a ABNT NBR 13749:1996, que determina as especificações necessárias, quanto aos tipos de utilização dos revestimentos, incluindo os limites mínimos de resultado desse ensaio (Tabela 2.6) e a ABNT NBR 15258:2005, que prescreve a determinação da resistência potencial de aderência à tração.

Tabela 2.6- Limites de resistência de aderência à tração, ABNT NBR 13749:1996

<b>Local de aplicação do revestimento</b>	<b>Acabamento utilizado</b>	<b>Resistência de aderência (MPa)</b>
Parede interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
	Cerâmica ou laminados	$\geq 0,30$
Parede Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
	Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto	-	$\geq 0,20$

A resistência potencial de aderência à tração, assim como a resistência de aderência, é definida como sendo a tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo-de-prova), na interface de avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração.

A diferença existente entre a resistência potencial de aderência à tração, e a resistência de aderência está no fato de todo procedimento ser realizado em laboratório com ambiente (temperatura, umidade do ar, condições do local), materiais (substrato padrão que é preconizado pela NBR 15258 e cola para fixação da pastilha no revestimento a base de resina epóxi), ferramentas (régua bisotada com comprimento mínimo de 350 mm para fazer o rasamento da argamassa, utensílios de laboratório) e gabarito (para moldagem do revestimento no substrato e delimitação da espessura do revestimento) prescritos, conforme NBR 15258. Esta norma traz a classificação dessas resistências potenciais de aderência, como ilustrado na Tabela 2.7.

Tabela 2.7- Classificação da resistência potencial de aderência à tração, ABNT NBR 15258 (2005)

<b>Classe</b>	<b>Resistência potencia de aderência à tração (MPa)</b>
A1	$< 0,20$
A2	$\geq 0,20$
A3	$\geq 0,30$

Para a realização deste ensaio faz-se necessário o uso de um equipamento de tração (Dinamômetro), com aplicação lenta e progressiva da carga até a ruptura do corpo de prova. A Figura 2.5 ilustra o equipamento utilizado para este ensaio.



Figura 2.5- Equipamento utilizado para ensaio de aderência à tração

## 2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO QUANTO AOS ENSAIOS ESPECIAIS

Os métodos de ensaios elencados adiante estão correlacionados com as seguintes propriedades: índice de consistência, penetração estática de cone, *vane tester* e variação dimensional.

### 2.3.1 Índice de Consistência “Mesa de Espalhamento” (NBR 13276:2005)

Antes de entrar no de índice de consistência propriamente dito, será abordado um pouco mais sobre as propriedades da consistência das argamassas. A consistência é a propriedade da argamassa pela qual tende a resistir às deformações que lhe são impostas (RILEM MR-13, 1982). Entende-se como a maior ou menor facilidade desta deformar-se sob a ação de cargas. Bauer (2005), afirma que a consistência pode ser definida através de algumas propriedades reológicas, tais como, viscosidade, dilatância e estruturação interna.

Pode ser influenciada pelo tipo, forma e características texturais do agregado, apesar de não haver trabalhos conclusivos que quantifiquem tal influência (ARAÚJO, 1995).

Como fator essencial à trabalhabilidade, a consistência e a plasticidade são assinaladas como as propriedades fundamentais que motivam uma condição de trabalhabilidade das argamassas de revestimento.

É certo que as duas propriedades são interligadas e, em determinados momentos, não podem ser tratadas independentemente quando se analisa uma condição de trabalhabilidade. Além do mais, os fatores que influenciam estas propriedades, em geral, são os mesmos, conforme estão apresentados na Tabela 2.8 (BAUER *et al.*, 2005).

Tabela 2.8- Fatores que influenciam a consistência e plasticidade (BAUER, 2005)

Fatores internos	Fatores Externos
Teor de água muitas vezes definida em função da consistência necessária	Tempo de mistura
Proporção entre aglomerantes e agregados	Tipo de transporte
Natureza e teor de plastificantes (cal, finos, argilosos, etc)	Tipo de aplicação no substrato

Em relação à medida da consistência, não existe uma unidade definida que a quantifique. No entanto, vários autores classificam as argamassas segundo esta propriedade, em argamassas secas, plásticas ou fluidas (CINCOTTO *et al.*, 1995).

A consistência pode também ser influenciada pela adição de aditivos incorporadores de ar e retentores de água. Alves (2002) observou em seus estudos, que quanto maior a incorporação de ar nas argamassas ocorria uma diminuição da consistência da mesma. A respeito dos efeitos que os retentores de água proporcionam nas propriedades das argamassas no estado fresco, é consenso que a trabalhabilidade é muito afetada, pois além da mudança na viscosidade, é observada também maior incorporação de ar durante a mistura devido à ação tensoativa, advinda desses aditivos. Portanto, o uso destes polímeros provoca um aumento da consistência da argamassa (BAUER, 2005).

Cortez (1999) constatou ganho de consistência ao se adicionar fibras sintéticas nas argamassas. Oliveira (1999) observou uma diminuição de consistência ao se adicionar polímeros de base látex à argamassa, principalmente para as argamassas modificadas com álcool de polivinil (PVA).

Bauer e Sousa (2007) apresentaram um estudo sobre consistência das argamassas no estado fresco. A pesquisa foi planejada tendo como finalidade avaliar as argamassas com diferentes comportamentos no estado fresco, caracterizando faixas de argamassas trabalháveis. O método da mesa de consistência, apesar das críticas, mostrou-se com certa sensibilidade na avaliação da consistência das argamassas. Essa sensibilidade foi traduzida em termos de uma maior ou menor dificuldade de espalhamento provocada pelas alterações impostas na composição das argamassas. Durante o estudo, o método permitiu, também, uma avaliação qualitativa das argamassas, possibilitando identificar misturas com deficiência de pasta, com forte tendência à segregação e exsudação.

Com relação às influências da consistência, entende-se que na argamassa de revestimento no estado fresco (antes de seu lançamento no substrato) refere-se à prevenção da segregação durante seu transporte, bem como, no agarramento à colher de pedreiro durante a etapa de lançamento (aplicação). Na argamassa recém-lançada, a consistência tem a função de resistir às deformações oriundas do seu peso próprio e da ação da gravidade, evitando o descolamento.

O índice de consistência é uma propriedade serve para mensurar a consistência da argamassa, que neste estudo será realizado através do ensaio da mesa de consistência (mesa da ABNT), onde se faz um espalhamento da argamassa causado por impactos padronizados e em seguida efetuada a leitura deste espalhamento conforme procedimentos da ABNT NBR 13276:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência). A Figura 2.6 ilustra o equipamento utilizado para este ensaio.



Figura 2.6- Equipamento utilizado no ensaio para determinação do índice de consistência

Muitas críticas a respeito dessa metodologia são mencionadas por pesquisadores, demonstrando que o método não é adequado para avaliação de argamassas de revestimento (BARROS, 2005). Gomes *et al.* (1995) observaram que a simples presença de ligantes muito finos, como cal hidratada ou pozolana, propicia a obtenção de valores do espalhamento muito abaixo do esperado, apesar da grande facilidade do operário trabalhar com esta argamassa. Mesmo com estas discordâncias, quanto à utilização deste método de ensaio, pode-se dizer que ainda está longe de ser aposentado, visto que o procedimento deste ensaio é de fácil operação. O mesmo serve de referencial para ser correlacionado com outros ensaios como de penetração estática de cone, *vane tester*, entre outros.

### 2.3.2 Penetração estática de cone (ASTM-C780: 2012)

É um método bastante simples e eficaz para determinação da medida da consistência de uma argamassa. O princípio desta avaliação é que a profundidade de penetração de um

determinado corpo dependerá da tensão de escoamento do material testado. Geralmente, a massa do corpo é pré-estabelecida (BAUER, 2005).

Nestes ensaios, verifica-se se a tensão aplicada é maior ou menor que a tensão de escoamento da argamassa. Por definição, a tensão de escoamento é a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico de deformação.

Nesta avaliação, tem-se como variável, a tensão de escoamento da argamassa e a viscosidade, e embora exerça influência significativa, não é avaliada. O cone ao penetrar, cisalha a argamassa e a sua deformação depende também da viscosidade e do atrito com a superfície do cone. Porém, esta técnica é pouco sensível em materiais que apresentam baixos valores de tensão de escoamento e viscosidade.

Segundo Schimmelwitz, citado pelo documento MR.3 da RILEM (1982), os testes que empregam a penetração de um corpo no interior da argamassa, como por exemplo, o *cone penetration test*, avaliam a sua consistência. Já os métodos que impõem à argamassa uma deformação através de vibração ou choque medem ao mesmo tempo a consistência e a plasticidade, como é o caso do *flow table test*.

O ensaio de penetração estática de cone pode ser utilizado para determinação do índice de consistência nas argamassas, preconizado pela ASTM-C780:12. Este ensaio se procede através da penetração de um cone metálico de massa e geometria padronizada sob a ação da gravidade na amostra a ser ensaiada e, após o termino da penetração, é realizada a leitura na escala (régua graduada) do aparelho. A Figura 2.7 ilustra o equipamento utilizado para este ensaio.



Figura 2.7- equipamento utilizado para ensaio de penetração estática de cone

### 2.3.3 Vane *tester* ou ensaio de palheta (ASTM-D4648:12)

Este ensaio muito utilizado na mecânica dos solos para determinação da resistência ao cisalhamento de solos argilosos. O princípio é cravar uma palheta em cruz na amostra e aplicar um carregamento com uma taxa pré-determinada. Durante o ensaio registra-se a carga e a deformação imposta à amostra, bem como a tensão última de ruptura (BAUER, 2005).

O valor da resistência ao cisalhamento obtido pelo *Vane Test* apresenta uma coerente concordância com os resultados encontrados pela maioria dos métodos reológicos atuais (NGUYEN; BOGER, 1985; AUSTIN *et al.*, 1999; SAAK *et al.*, 2001; BARNES; NGUYEN, 2001).

Bauer *et al.* 2005 desenvolveram uma pesquisa com objetivo de discutir sobre as capacidades do método *Vane*, destacando a base teórica, o princípio de funcionamento, algumas particularidades operacionais e algumas aplicações do método na investigação das propriedades de argamassas no estado fresco, onde concluíram que o método é uma ferramenta importante no estudo das propriedades reológicas em argamassa recém-aplicada e é capaz de definir condições claras na aplicação deste materiais podendo ajudar a interpretar os resultados de outros métodos tradicionais, comuns em argamassas. A Figura 2.8 ilustra o equipamento utilizado nos ensaios de tensão limite de escoamento.

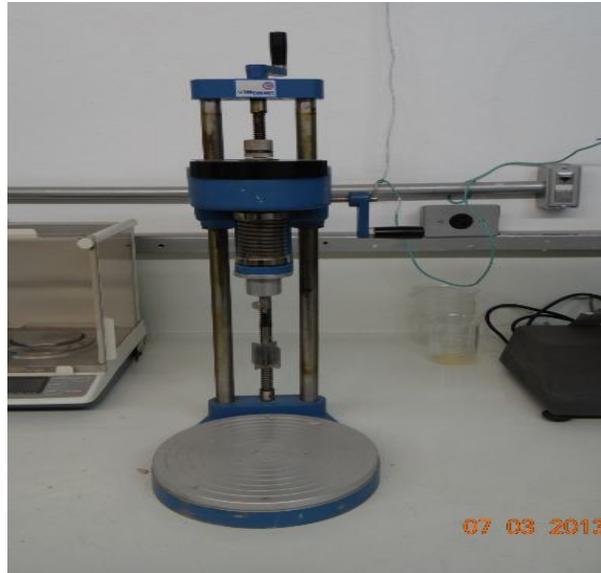


Figura 2.8- Equipamento utilizado para ensaio de *vane test*

#### **2.3.4 Variação dimensional (retração/expansão linear) NBR 15261:2005**

Retração consiste na expansão ou retração propriamente dita de uma argamassa através da perda de massa de água com o processo de secagem. Este fenômeno que gera tensões, muitas vezes combinadas desfavoravelmente com as propriedades mecânicas como resistência à tração e módulo de elasticidade acompanhado de uma contração volumétrica do material (SILVA, 2001).

Esta propriedade está diretamente ligada à incidência de fenômenos patológicos de diversas naturezas no revestimento das edificações, como, por exemplo, o aparecimento de fissuras, infiltrações através destas fissuras, comprometimento da estética, etc.

A fissuração pode ser resultante de um ou mais fatores, entre eles: a retração da argamassa, gerando tensões por vezes combinadas desfavoravelmente com as propriedades mecânicas como resistência à tração e módulo de elasticidade. Estes fenômenos irão influenciar diretamente na proteção e durabilidade dos revestimentos das edificações.

A retração pode ser provocada principalmente pela perda da água para substrato ou ambiente externo, além de outros fatores, tais como: retração térmica, retração por carbonatação, retração por hidratação do cimento, etc. Quando, por exemplo, a pasta de

cimento saturada é exposta a um ambiente com umidade relativa do ar menor que 100%, começa a perder água e a retrair-se.

A perda de água de amassamento de uma mistura fresca é a principal causa de retração plástica e pode ser diminuída pelo ajuste de dosagem que evite exsudação e com o uso de aditivos retentores de água (BASTOS, 2001). Uma argamassa de revestimento de alvenaria aplicada, por exemplo, em uma superfície muito extensa da fachada de um edifício, em relação ao volume de material aplicado, tem uma situação semelhante à aplicada a revestimento de piso e de lajes extensas. Desta forma, com a ação do sol e do vento nas argamassas, deixam-na suscetível à perda de água intensa por evaporação. Estes materiais podem estar sujeitos também à perda de água por sucção quando aplicados diretamente sobre substratos porosos.

Angelim *et al.* (2003), em seus estudos concluíram que a adição de finos (dimensões inferiores a 0,075 mm) pode aumentar a incidência de fissuras por retração. No entanto, esta influência, segundo os autores, varia de acordo com a natureza mineralógica da adição.

#### 2.3.4.1 Dispositivos e medidas de retração linear

Na literatura são inúmeros os dispositivos citados para medidas de retração livre linear nas últimas décadas, como, por exemplo, Brüll e Komlos (1980) *apud* Silva (2011), que utilizaram um molde com dimensões 40 x 40 x 160 mm para a medida de retração plástica de argamassas. Kasai *et al.* (1982) citados por Mitani (2003) utilizaram o dispositivo de secção quadrada de 100 mm de lado e comprimento de 400 mm onde com este dispositivo permitiu-se medir a retração autógena na posição horizontal de modo que a amostra pode deformar-se livremente. Ravina (1986), em seu trabalho, utilizou um molde de 70 x 70 x 280 mm para determinar a retração por secagem de argamassas com temperatura de 30°C, umidade de 50% e com ventos produzidos por ventiladores. Kronlöf *et al.* (1995) adaptaram o aparelho desenvolvido no *Technical Research Centre of Finland* para estudar o fenômeno de retração e fissuração em argamassas de cimento e areia no estado fresco com a utilização de aditivos e fibras de polipropileno. Veiga (1998) utilizou um dispositivo, baseado nos trabalhos de Tamin (1986) e de outros pesquisados, construído no Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC em Portugal, para medida de retração

livre linear de argamassas de revestimentos onde o dispositivo que utilizado pela autora é constituído de uma estrutura rígida, a qual está ligada uma cabeça inferior fixa à estrutura e outra cabeça superior que desliza longitudinalmente, conectada um transdutor de deslocamento. O dispositivo tem 400 mm de comprimento, a secção tem 50 mm de largura e 20 mm de espessura. Os ensaios das amostras que são moldadas sobre placas de acrílico bem lubrificadas são realizados em ambiente com temperatura de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 5\%$ . A Figura 2.9 ilustra a realização do ensaio.

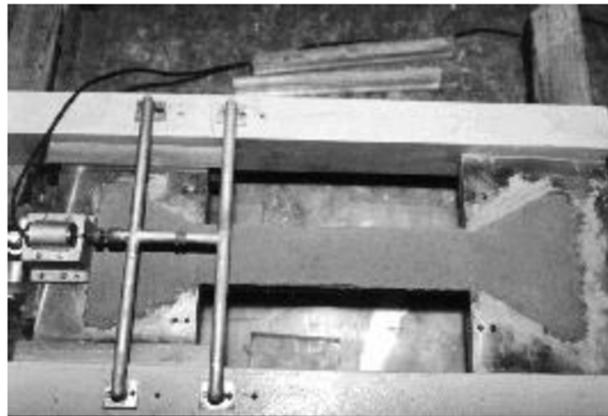


Figura 2.9- Dispositivo usado por Veiga (1997) para medida de retração livre linear

Silva (2011), em seus estudos, utilizou um método para avaliação da fissuração das argamassas em laboratório no qual se utilizou três moldes prismáticos adaptados da norma ASTM C1579 (2006), com dimensões internas de 250 x 400 e espessura de 20 mm para avaliar a fissuração das argamassas, conforme demonstrado na Figura 2.10.

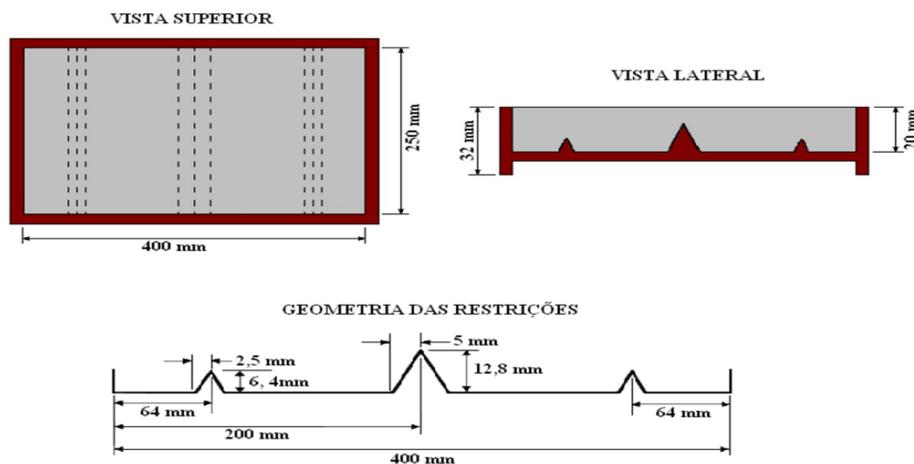


Figura 2.10- Molde adaptado da norma ASTM C1579 (2006) para avaliar a fissuração

Para realização das medidas da retração por secagem e da retração autógena de argamassas no estado endurecido é realizado de acordo com os procedimentos da NBR 15261:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)). A medida da variação dimensional dos corpos de prova é realizada utilizando o aparelho comparador, conforme ilustra a Figura 2.11.

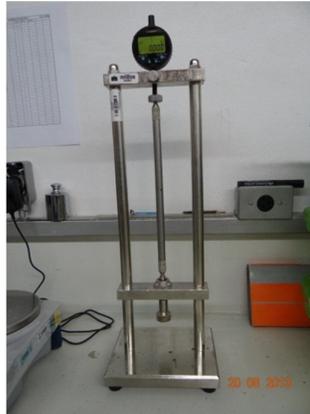


Figura 2.11- Relógio comparador utilizado para ensaio de variação dimensional

#### 2.3.4.2 Susceptibilidade a fissuração

É um método desenvolvido pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1982) para avaliar a susceptibilidade à fissuração de revestimentos de argamassa. Este método baseia-se no princípio de que a tendência à fissuração aumenta com o aumento da retração de secagem e, também, quanto maior for a resistência de tração na flexão desenvolvida na argamassa devido à retração restringida (SILVA, 2011). Alguns pesquisadores e instituições desenvolveram trabalhos na área de susceptibilidade a fissuração. Entre eles pode-se citar Veiga, 1998 que utilizou em seus trabalhos um modelo de medida para avaliação da retração livre e restringida, conforme figura 2.9; onde seus resultados se mostraram eficientes. O *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* (LNEC) de Portugal utilizou em diversas pesquisas o critério para avaliar a susceptibilidade à fissuração de revestimentos de argamassa, através da relação entre resistência à tração na flexão e a resistência à compressão -  $R_t/R_c$  (dutilidade), onde seus resultados se mostraram satisfatórios para avaliação da susceptibilidade a fissuração. Silva, 2011 em seus estudos utilizou moldes prismáticos para medir a retração livre e restringida, cujos procedimentos

foram adaptados de Hammer, 2007. Alguns resultados encontrados não se mostraram satisfatórios como método de avaliação da retração.

A Tabela 2.9 descreve os critérios de classificação quanto à susceptibilidade à fissuração de revestimentos de argamassa.

Tabela 2.9- Critérios de avaliação de susceptibilidade à fissuração de revestimento de argamassa (CSTB,

Características (aos 28 dias)	Critérios de classificação quanto à fissuração		
	Baixa susceptibilidade	Média susceptibilidade	Alta susceptibilidade
Retração por secagem – DI/l (mm/m)	$DI/l \leq 0,7$	$0,7 < DI/l < 1,2$	$DI/l \geq 1,2$
Módulo de elasticidade – (MPa)	$E \leq 7000$	$7000 < E < 12000$	$E \geq 12000$
Módulo de elasticidade/resistência à tração na flexão – E/Rt	$E/Rt \leq 2500$	$2500 < E/Rt < 3500$	$E/Rt \geq 3500$

### 2.3.5 Referenciais de desempenho

Como referenciais de desempenho, Colen (2009), aborda em seu trabalho que as soluções de projeto deverão cumprir várias funções em conjunto com as condições de uso; estas funções devem ser convertidas em parâmetros quantitativos, designados por critérios de desempenho, que indiquem valores ou níveis exigidos de desempenho com diferentes graus de precisão (tolerância), associados aos métodos de avaliação.

Neste viés, o Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM /UnB desenvolve importantes trabalhos sobre referenciais de desempenho para argamassas de revestimento. Entre eles está um trabalho realizado para uma empresa produtora de argamassas estabilizadas, localizada em Brasília - DF, onde se desenvolveu um amplo estudo de monitoramento com mais de um ano de acompanhamento aonde se chegou a diversos referenciais de desempenho. O Relatório Técnico nº 13030 (Definição de Referenciais Para Produção das Argamassas) de 2011 traz estas informações com os valores médios apresentados na Tabela 2.10 (valores de referência no estado fresco) e na Tabela 2.11 (valores de referência no estado endurecido).

Tabela 2.10- Valores médios de referência no estado fresco

REBOCO	ESTADO FRESCO		
	PENET. CONE (mm)	ESPALHAMENTO (mm)	RET. ÁGUA (%)
	51,30	230	76,3

Tabela 2.11- Valores médios de referência no estado endurecido

REBOCO	ESTADO ENDURECIDO				
	RES. TRAÇÃO (MPa)	RES. COMPRESSÃO (MPa)	ADERÊNCIA POTENCIAL. (MPa)	VARIAÇÃO DIMENCIONAL (mm/m)	CAPILARIDADE (g/cm <sup>3</sup> *min <sup>1/2</sup> )
	2,36	6,51	0,60	-0,73	3,50

## 2.4 REVISÃO DAS NORMAS (principais normas referentes as argamassas de revestimentos)

### 2.4.1 Classificação segundo a ABNT NBR 13281:2005

A norma NBR 13281:2001 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos) estabelecia exigências mecânicas e reológicas para as argamassas dosadas em obra, industrializadas ou usinadas, a saber: resistência à compressão aos 28 dias, capacidade de retenção de água e teor de ar incorporado.

A partir de 31 de Outubro de 2005, a norma reformulada ABNT NBR 13281:2005 com o mesmo título, entrou em vigor, utilizando um conjunto com sete propriedades para as argamassas:

P – resistência à compressão (MPa) – ABNT NBR 13279:2005;

M – densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m<sup>3</sup>) – ABNT NBR 13280:2005;

R – resistência à tração na flexão (MPa) – ABNT NBR 13279:2005;

C – coeficiente de capilaridade (g/dm<sup>2</sup>/min<sup>1/2</sup>) – ABNT NBR 15259:2005;

D – densidade de massa no estado fresco (kg/m<sup>3</sup>) – ABNT NBR 13278:2005;

U – retenção de água (%) – ABNT NBR 1327:2005;; e

A – resistência potencial de aderência à tração (MPa) – ABNT NBR 15258:2005;

Estas propriedades foram subdivididas em seis classes, com exceção a resistência potencial de aderência à tração, com três classes. As argamassas são classificadas conforme as características e propriedades apresentadas na Tabela 2.12. Existindo sobreposição entre faixas, deve ser considerado o desvio de cada ensaio. Caso o valor fique no meio de duas faixas, adota-se o maior como classificação. Atualmente esta norma é meramente de classificação, não havendo definições de faixas quanto à especificação e uso das mesmas.

Tabela 2.12- Classificação das argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a ABNT NBR 13281:2005

<b>Classes</b>	<b>P MPa</b>	<b>M kg/m<sup>3</sup></b>	<b>R MPa</b>	<b>C g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup></b>	<b>D kg/m<sup>3</sup></b>	<b>U %</b>	<b>A MPa</b>
1	≤ 2,0	< 1.200	< 1,5	< 1,5	≤ 1400	< 78	≤ 0,20
2	1,5 a 3,0	1.000 a 1.400	1,0 a 2,0	1,0 a 2,5	1200 a 1600	72 a 85	≥ 0,20
3	2,5 a 4,5	1.200 a 1.600	1,5 a 2,7	2,0 a 4,0	1400 a 1800	80 a 90	≥ 0,30
4	4,0 a 6,5	1.400 a 1.800	2,0 a 3,5	3,0 a 7,0	1600 a 2000	86 a 94	-
5	5,5 a 9,0	1.600 a 2.000	2,7 a 4,5	5,0 a 12,0	1800 a 2200	91 a 97	-
6	> 8,0	> 1.800	> 3,5	> 10	> 2000	95 a 100	-

De acordo com esta Norma uma argamassa, por exemplo, poderá ter a seguinte designação: P2, M3, R4, C3, D4, U3, A3.

Comparando com a classificação MERUC (abordada a seguir), a classificação da ABNT NBR 13281:2005 não incluiu o ensaio de módulo de elasticidade, pois somente no ano de 2008 foi publicada a norma. Observa-se também que os requisitos da norma brasileira possuem as faixas para cada classe idênticas às faixas da classificação MERUC.

Apesar da norma NBR 13281 (ABNT, 2005) exigir que venham impressos nas embalagens das argamassas industrializadas várias informações (revestimento interno, revestimento externo, assentamento de alvenaria de vedação, tempo de mistura e maturação, tempo de utilização do produto, etc.), não especifica o requisito e a classe que deve ser exigida para

as condições de utilização. Apenas a NBR 13749 (ABNT, 1996) possui requisitos quanto aos tipos de acabamentos a serem utilizados, estabelecendo limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única, conforme mostrado na Tabela 2.7.

A Norma ABNT NBR 13279:2005 passou a adotar o corpo-de-prova prismático 40 x 40 x 160 mm e incluiu o ensaio de resistência à tração na flexão. A ABNT NBR 13277:2005, que anteriormente utilizava o papel filtro para a realização do ensaio de retenção de água e passou a utilizar o Funil de Buchner modificado. O ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade utiliza a ABNT NBR 15259:2005, cujos procedimentos de ensaios são semelhantes ao descrito pela norma CSTB 2669-4 (1993).

Quanto às especificações, tem-se a Norma ABNT NBR 13749:2005 (Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações), que estabelece condições exigíveis para o recebimento de revestimento de argamassas inorgânicas aplicadas sobre paredes e tetos de edificações. Esta Norma aplica-se ao revestimento de elementos constituídos por concreto e alvenarias. Dentre suas especificações, apresenta-se a especificação da espessura do revestimento e da aderência à tração para emboço camada única (ver Tabela 2.13).

Tabela 2.13- Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos ABNT NBR 13749:1996

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos: interno e externo	$e \leq 20$

Em continuidade às especificações, a Norma ABNT NBR 7200:1998 (Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas), os procedimentos fixados para execução de revestimentos de paredes e tetos, quanto as seguintes etapas:

- a. Preparo e aplicação dos diversos de argamassas inorgânicas;
- b. Preparo da base de revestimento;
- c. Acondicionamento das embalagens; e
- d. Cuidados de aplicação.

## 2.4.2 Certificação CSTB (1992)

A França é um dos países de referência no setor da construção civil. Este País possui diversos processos construtivos industrializados com mais de 200 tipos de argamassas industrializadas homologadas pelo Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB) entidade que especifica as propriedades intrínsecas da argamassa associada ao seu desempenho em uso, bem como análise dos procedimentos de ensaio para a determinação das classes dos requisitos. O CSTB controla todas as novas argamassas que são lançadas na França, onde estas são estudadas (antes da entrada no mercado) para a emissão de um certificado de homologação do produto e depois (pós-aplicação) para manutenção desta certificação (VEIGA, 1998). Este controle permite detectar problemas que possam surgir nestes novos produtos, o que fará com que sejam modificados e melhorados em formulação. Esta entidade estabelece a classificação MERUC para informar aos utilizadores de uma forma simples, sobre as características de um revestimento monocamada, em cinco propriedades:

M – densidade de massa no estado endurecido ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ );

E – módulo de deformação (MPa);

R – resistência à tração na flexão (MPa);

U – retenção de umidade (%); e

C – coeficiente de capilaridade ( $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ ).

As propriedades da argamassa industrializada possuem critérios de desempenho que são divididos em seis classes, prescritas segundo o *Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en oeuvre – Cahier 2669-2* (CSTB, 1993), classificação MERUC que se baseia em cinco propriedades (CSTB, 1993b), conforme mostra a Tabela 2.14.

Tabela 2.14 - Classificação das propriedades das argamassas (CSTB, 1993)

Classes	M kg/m <sup>3</sup>	E MPa	R MPa	U %	C g/dm <sup>2</sup> /min <sup>1/2</sup>
1	< 1.200	< 5.000	< 1,5	< 78	< 1,5
2	1.000 a 1.400	3.500 a 7.000	1,0 a 2,0	72 a 85	1,0 a 2,5
3	1.200 a 1.600	5.000 a 10.000	1,5 a 2,7	80 a 90	2,0 a 4,0
4	1.400 a 1.800	7.500 a 14.000	2,0 a 3,5	86 a 94	3,0 a 7,0
5	1.600 a 2.000	12.000 a 20.000	2,7 a 4,5	91 a 97	5,0 a 12,0
6	> 1.800	> 16.000	> 3,5	95 a 100	> 10,0

Assim, as argamassas são formuladas para diferentes tipos de exposição da parede, condições atmosféricas e utilização do revestimento. As condicionantes e os requisitos para as argamassas, vinculados às condições das regiões da França, são:

a) tipo de exposição da parede;

- forte exposição à chuva: C1 ou C2;
- exposição a choques e deterioração:  $E \geq 3$  e  $R \geq 3$ ;
- parede enterrada:  $M \geq 4$ ,  $R \geq 3$  e  $C \leq 2$ ;

b) condições atmosféricas:

- clima quente ou vento: U5 ou U6
- clima frio: M5 ou M6

c) utilização do revestimento:

- cerâmica:  $E \geq 4$  e  $R \geq 4$

#### **2.4.3 Norma ASTM C270:12 (2012)**

Esta norma especifica as argamassas para uso na construção de unidades estruturais de alvenaria, não-reforçadas e reforçadas para assentamento e acabamento. Também traz especificações das propriedades dos requisitos. A Tabela 2.15 contém as recomendações, quanto às propriedades (resistência à compressão aos 28 dias, retenção de água mínima, retenção de ar mínimo e a relação de agregados), para argamassas pré-misturadas.

Tabela 2.15- Especificação das propriedades <sup>A</sup>

Argamassa	Tipo	Resistência à	Retenção de	Teor de ar	Relação agregado (medição úmida, em condições soltas)
		compressão média aos 28 dias (MPa)	água mínima (%)	mínima (%) <sup>B</sup>	
Cimento e Cal	M	17,2	75	12	Não inferior a 2 <sup>1/4</sup> , e não mais de 3 <sup>1/2</sup> os volumes separados de materiais cimentícios.
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4	75	14 <sup>C</sup>	
Argamassa de cimento <sup>7</sup>	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4	75	14 <sup>C</sup>	
Argamassa para assentamento	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20 <sup>D</sup>	
	O	2,4	75	20 <sup>D</sup>	

<sup>A</sup> Específico para argamassas preparadas em laboratório.

<sup>B</sup> O teor de ar na argamassa de cimento e cal, sem incorporador de ar, é geralmente inferior a 8%.

<sup>C</sup> Quando o reforço estrutural é incorporado em uma argamassa cimento e cal, o teor máximo de ar deve ser 12%.

<sup>D</sup> Quando o reforço estrutural é incorporado em uma argamassa para alvenaria, o teor máximo de ar incorporado, deve ser de 18%.

A Tabela 2.16 traz as especificações para escolha de uma argamassa de acordo com o apêndice D3.

Tabela 2.16- Guia de seleção de argamassas para acabamento <sup>A</sup>

Local de utilização	Tipo de argamassa	
	Recomendado	Alternativo
Interior	O	K, N
Exterior, acima do nível do terreno, exposto de um lado, pouca probabilidade para congelar quando saturado, não sujeito a fortes ventos ou outras cargas laterais significativas.	O	N, K
Exterior diferente dos indicados anteriormente.	N	O

<sup>A</sup> Em algumas aplicações, as condições estruturais podem determinar a utilização de argamassas separadas das recomendadas. Esta tabela não é utilizável para aplicações em pavimentos.

Tipo K-Uma parte de cimento portland e 21/2 a 4 partes cal hidratada. Índice Agregado de 21/4 a 3 vezes soma de volume de cimento e cal.

#### 2.4.4 Norma Técnica Equatoriana NTE 2518 (INEN, 2010)

A Norma Técnica Equatoriana NTE 2518 (INEN, 2010) – Argamassas para construções de alvenaria – Requisitos estabelece especificações para elaborar argamassas para uso na construção de estruturas em unidades de alvenaria reforçada ou não reforçada. Esta norma

faz o uso das especificações e recomendações da norma americana ASTM C270 conforme Tabela 2.15.

#### 2.4.5 Norma Técnica Colombiana NTC 3329

A Norma Técnica Colombiana NTC 3929 (INEN, 2010) – Especificações de argamassas para construções de alvenaria – Estabelece os requisitos que devem cumprir toda argamassa pré-misturada, seca ou úmida, empregada na construção de alvenaria simples ou reforçada, ou em outros usos estruturais. Esta norma também faz o uso das especificações e recomendações da norma americana ASTM C270, mas faz o uso de outra terminologia. A Tabela 2.17 demonstra as especificações das propriedades quanto aos requisitos desta norma.

Tabela 2.17- Classificação das argamassas ligantes por suas propriedades e traços (NTC 3329( NSR, 2010))

Tipo de argamassa	<sup>(1)</sup> Especificação das argamassas por propriedade			Especificações das argamassas por proporções				
	<sup>(2)</sup> Resist. compressão (MPa)	<sup>(3)</sup> Fluxo (%)	Retenção de água mínima (%)	Cimento Portland (volume)	<sup>(4)</sup> Cal hidratada (volume)	<sup>(7)</sup> Cimento para alvenaria (volume)	<sup>(5)</sup> Areia/material Cimentante (volume)	
							Mínimo	Máximo
H	22,5	115 – 125	75	1	0,25	Não se aplica	2,00	2,50
M	17,5	115 – 125	75	1	0,25	Não se aplica	2,25	3,00
				1	Não se aplica	1	2,25	2,50
S	12,5	110 – 120	75	1	0,25 a 0,50	Não se aplica	2,50	3,50
				0,5	Não se aplica	1	2,50	3,00
N <sup>(6)</sup>	7,5	105 – 115	75	1	0,50 a 1,25	Não se aplica	3,00	4,50
				0	Não se aplica	1	3,00	4,00

Legenda:

1. Somente para especificações de misturas de argamassas em laboratório, com base nos materiais que vão ser utilizados em obra. O controle das argamassas em obra se deve realizar de acordo com a norma NTC 3546 (ASTM C780);
2. Ensaio e resistência à compressão aos 28 dias em prismas de 58mm de lado;
3. Ensaio realizado segundo a norma NTC 4050 (ASTM C91);
4. Só pode utilizar a cal hidratada em pó tipo N ou S;
5. Para este cálculo não se inclui como ligante a cal;
6. A argamassa do tipo N só é permitida em sistemas com capacidade mínima de dissipação de energia na faixa inelástica (DMI);
7. O tipo de cimento para alvenaria (M, S e N) será o mesmo que o tipo de argamassa ligante.

#### 2.4.6 Norma Técnica Guatemalteca NTG 41050 (2010)

A Norma Técnica Guatemalteca NTG 41050 (COGUADOR, 2010) – Argamassa em pasta para alvenaria – Especificações é essencialmente equivalente a ASTM C270-10, em sua maior parte, com algumas modificações: sistema de medição SI e libras/polegadas separados, obrigatoriedade da especificação por propriedades, conforme Tabela 2.15 e Tabela 2.16.

#### 2.4.7 Norma Técnica Cubana NC 175:20 (2002)

A normativa cubana que estabelece os requisitos sobre argamassa de revestimento e assentamento é a NC 175: 2002. Esta normativa classifica as argamassas em 5 tipos de acordo com dos propriedades principais: resistência a compressão e aderência, e propõe traços com os quais devem ser obtidas argamassas que cumpram com os requisitos estabelecidos para cada tipo. Cada tipo de argamassa (de I a V) é recomendado de acordo com o emprego a que se destina, sobre critérios técnicos especificados em projeto. Observa-se que há recomendações de dosagem com três tipos de cimento e a quantidade de cal hidratada que deve ser empregada muda com o tipo de cimento e a resistência requerida. Estes são os requisitos gerais para as argamassas de revestimento que podem ser observados na Tabela 2.18.

Tabela 2.18- Requisitos gerais para argamassas de revestimento (NC 175:20 (CTN, 2002))

Tipo de Argamassas	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	Aderência aos 28 dias	Cimentos (volume)			Areia (volume)	Cal hidratada (volume)
			P – 350	PP – 250	Alvenaria		
I	2,4	0,15 ± 0,05	1			8	2
				1		6	2
					1	4	1,5
II	3,5	0,25 ± 0,05	1			6	2
				1		5	1
					1	4	1
III	5,2	0,40 ± 0,05	1			4	2
				1		4	1
					1	3	1
IV	8,9	0,50 ± 0,05	1			4	1
				1		4	0,5
					1	3	0,5
V	12,4	0,65 ± 0,05	1			3	1
				1		3	0,5
					1	2,5	-

A quantidade de água que deve ser empregada nestes traços é o equivalente a quantidade de água necessária para obter um abatimento na mesa de  $190 \pm 5$  mm. Este ensaio é feito com a mesma mesa de fluidez descrita pela ASTM para argamassas.

Como no caso da primeira normativa brasileira, são recomendados espessuras de argamassas de revestimento de acordo com o tipo de parede onde elas vão ser empregadas, sendo maior no caso de paredes externas. A especificação destas espessuras é similar a da norma brasileira, conforme Tabela 2.6.

É importante ressaltar que tanto no caso das argamassas de revestimento como nas argamassas de assentamento, os requisitos estabelecidos para as propriedades estão vinculados às recomendações de emprego das mesmas. No entanto destaca-se também que são poucas as propriedades avaliadas para a classificação e proposta de emprego das argamassas.

Além da normativa de requisitos, existe um código de boa prática que tem especificações mais detalhadas para o emprego das argamassas. São separadas as especificações das argamassas de assentamento para blocos de concreto e tijolos cerâmicos e as argamassas de revestimento segundo o tipo.

#### **2.4.8 Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC**

Um dos centros internacionais com experiência na regulação das propriedades das argamassas é o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC). A Tabela 2.19 traz as especificações das funções e exigências dos rebocos correntes para edifícios novos e as características das argamassas a usar.

Tabela 2.19- Funções e exigências dos rebocos correntes para edifícios novos e as características das argamassas a usar, LNEC (2005)

Função	Exigência funcional	Característica	Especificação	Documento normativo
Regularização	-	-	-	-
Impermeabilização e protecção	Resistência mecânica	Resistência à compressão $R_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	Classes: CS I: 0,4 a 2,5 CS II: 1,5 a 5,0 CS III: 3,5 a 7,5 CS IV: $\geq 6$	EN 998-1[2]
	Impermeabilização em zona não fendilhada	Coefficiente de capilaridade $C$ (kg/m <sup>2</sup> .min <sup>0,5</sup> )	Classes: w0: sem exigência w1: $C \leq 0,40$ w2: $C \leq 0,20$	
		Permeabilidade à água sob pressão $P$ (1 ml/cm <sup>2</sup> )	$P \leq 1$ após 48 h	
	Susceptibilidade à fendilhação	Módulo de elasticidade $E$ (MPa)	$E \leq 10\ 000$	Relatório do LNEC 289/95 – NCCt [3] e exigências complementares do LNEC (relatório em preparação)
		Retracção	Preferencialmente moderada	
		Resistência à tracção	Preferencialmente elevada	
	Ensaio de retracção restringida [4]	Susceptibilidade média ou fraca[4]		
Permeabilidade ao vapor de água	Espessura da camada de ar de difusão equivalente a 0,10 m de reboco $S_d$ (m)	$S_d \geq 0,15$ m		
Acabamento	Susceptibilidade à fendilhação	<i>Ver acima</i>		
	Aspecto estético	Aspecto estético observável	Bom aspecto	
Durabilidade	Aderência ao suporte	Resistência ao arrancamento	$\geq 0,3$ MPa ou rotura coesiva	
	Resistência ao clima	Resistência aos ciclos climáticos calor-chuva e chuva-gelo	Sem degradação visível	

Nos relatórios do LNEC, recomenda-se empregar, além das EN, outros procedimentos estabelecidos por eles para a avaliação das argamassas. A principal contribuição destes relatórios é a avaliação da susceptibilidade a fissuração, através do coeficiente de segurança à abertura da primeira fenda (CSFA) e do coeficiente de resistência à evolução da fissuração (CREF).

#### 2.4.9 Norma EN 998-1:2010

Esta norma, primeiramente apresenta uma classificação inicial para todas as argamassas empregadas como revestimento. Depois, são avaliadas três propriedades no estado endurecido, conforme mostrado na Tabela 2.20.

Tabela 2.20- Classificação para as propriedades das argamassas no estado endurecido, EN 998-1, 2010

<b>Propriedades</b>	<b>Categorias</b>	<b>Valores</b>
Resistência à compressão aos 28 dias	CS I	0,4 a 2,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS II	1,5 a 5,0 N/mm <sup>2</sup>
	CS III	3,5 a 7,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS IV	6,0 N/mm <sup>2</sup>
Absorção de água por capilaridade	W 0	Não especificado
	W 1	$c \leq 0,4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
	W 2	$c \leq 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
Condutividade térmica	T 1	$\leq 0,1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
	T 2	$\leq 0,2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

## 2.5 RESUMO DAS NORMAS

As principais diferenças nas normativas de requisitos de argamassa estudados encontram-se nos aspectos relativos ao tipo e quantidade de propriedades avaliadas nas normas para definir as aplicações das mesmas. Um resumo das diferenças entre as propriedades incluídas em cada norma pode ser observado na Tabela 2.21.

Tabela 2.21- Resumo das diferenças entre as propriedades de cada Norma

Ensaio		EUA*	Europa	França	Portugal	Brasil	Cuba
Geral	Proporção dos constituintes	R					R
	Propriedades	E	E	E	E	E	E
	Recomendações de emprego	E	E <sup>a</sup>				E
Fresco	Espalhamento	R				R	E
	Cone	R					
	Vane Test						
	Retenção de água	E		E		E	E
	Teor de ar	E					
	Resistência a cisalhamento		E				
	Densidade					E	
Endurecido	Resistência a compressão	E	E	E	E	E	E
	Resistência a tração por flexão			E		E	
	Modulo de elasticidade			E	E		
	Aderência		E			E	E
	Aderência após ciclos de cura		E				
	Absorção de água		E				
	Absorção por Capilaridade		E	E	E	E	
	Penetração de água após capilaridade		E				
	Permeabilidade após ciclos de cura		E		E		
	Permeabilidade ao vapor de água				E		
	Coefficiente de permeabilidade a vapor de água		E				
	Condutividade térmica		E		E		
	Densidade (Massa Volumétrica)		E	E		E	
	Reação ao fogo		E				
	Retração				E		
	Resistência a retração				E		
Retração restringida				E			

E: Especificação;

R: Recomendação;

<sup>a</sup>: Define tipos de argamassa que podem ser vinculadas com o seu emprego;

\*EUA e países que seguem normativas similares a ASTM.

### **3 PROGRAMA EXPERIMENTAL**

O objetivo principal do presente estudo foi o de obter um perfil de comportamento das argamassas estudadas em relação às propriedades e características empregadas na classificação das mesmas. Dessa forma os resultados esperados provavelmente apresentarão diferentes classificações em relação às faixas de classificação da norma brasileira ABNT NBR 13281:2005, uma vez que as argamassas são de diferentes fabricantes e de diferentes regiões do país. Muito possivelmente, a comparação de variáveis de comportamento, não possa ser feita de forma direta. Sendo assim, não é objetivo desse estudo correlacionar as diferentes e diversas propriedades e comportamentos, mas sim, identificar como as argamassas estudadas se classificam em relação as suas propriedades.

O segundo objetivo é avaliar o comportamento das propriedades das argamassas em condições de aplicação em campo. Algumas variáveis importantes podem não ser fidedignamente mensuradas e avaliadas pelos critérios rígidos dos ensaios classificatórios de laboratório. Desse modo variações na forma de produção (mistura), demanda de água, entre outros, são diferentes daqueles empregados na rotina de laboratório.

Com base nos resultados e classificações, pode se fazer uma análise de atendimento de critérios de especificação tendo por base a referência do CSTB. Desta forma também é objetivo a classificação da amostra de estudo nestes critérios.

O estudo foi dividido em duas partes distintas, sendo a primeira nomeada de Avaliações Quanto aos Requisitos de Norma em Laboratório (denominada avaliação de Requisitos) e a segunda de Avaliações Quanto às Condições de Produção em Campo (denominada a partir de agora avaliação Tecnológica). Estes ensaios foram realizados segundo procedimento da NBR 13281:2005 (Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos).

Para os Requisitos, têm-se como foco analisar o atendimento e classificação do que preceitua o conjunto de normas técnicas associadas à ABNT NBR 13281:2005.

Para os Tecnológicos, têm-se como foco analisar o atendimento e classificação em condições similares a de produção em canteiro de obras, bem como fazer comparações

com os Requisitos com intuito de verificar a existência de uma proximidade entre estes valores (Requisitos e Tecnológico), ou seja, verificar a existência de uma tendência entre eles. Para avaliação tecnológica também se efetuou caracterização da viscosidade, tensão de escoamento.

### **3.1 AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS**

Os objetivos das avaliações das argamassas ativeram-se em se buscar as informações necessárias sobre suas características para a determinação das avaliações que irão demonstrar o perfil comportamental dessas argamassas. Para este estudo foram divididas em: Caracterização, avaliações de Requisitos e avaliações de Tecnológico (ensaios de campo).

#### **3.1.1 Caracterização das argamassas**

Inicialmente, a caracterização das argamassas foi realizada na forma anidra com intuito de se fazer uma pré-avaliação das características de cada amostrada e então dar início as avaliações de Requisitos e Tecnológicos. As avaliações anidras realizadas nas argamassas fazem parte de um conjunto de normas de caracterização de agregados no estado anidro, como a Norma ABNT NM 248:2003 (Agregados – Determinação da composição granulométrica). Norma ABNT NM 23: 2000 (Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica). Norma ABNT NM 45:2006 (Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa unitária aparente). As avaliações realizadas foram: distribuição granulométrica, caracterização visual de suas areias, módulo de finura, massa específica e massa unitária da argamassa.

#### **3.1.2 Avaliação dos ensaios de Requisitos**

Foram executados para atender aos objetivos da dissertação, sendo toda avaliação realizada conforme prescrições da ABNT NBR 13281:2005, onde se dividem em:

- Preparo da mistura: fase da pesquisa no qual os resultados serão confrontados e comparados aos Tecnológicos. O preparo da mistura foi realizado conforme prescrições da NBR 13276:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência);

- Espalhamento e teor de água: adotados para avaliação da consistência e como pré-requisito da pesquisa quanto às avaliações de Requisitos;
- Ensaios complementares: Teor de ar e penetração de cone: como complemento para se avaliar a trabalhabilidade e como ferramenta (base de dados) para as análises das propriedades mecânicas entre as argamassas;
- Ensaios das normas auxiliares a ABNT NBR 13281:2005: Retenção de água, densidade de massa no estado fresco, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, aderência potencial, capilaridade, densidade de massa no estado endurecido e absorção de água;
- Classificação das argamassas.

### **3.1.3 Avaliação quanto aos ensaios dos Tecnológicos**

Assim como as avaliações dos Requisitos, as dos Tecnológicos foram realizadas para atendimento dos objetivos da pesquisa, onde seus resultados serão confrontados e comparados com os Requisitos. As avaliações dos Tecnológicos se dividem em:

- Procedimento de mistura: com intuito de simular as condições de produção de argamassas em campo;
- Ensaio de penetração de cone (50 a 65 mm) e Teor de água: definidos como padronização para as avaliações do Tecnológico com objetivo de avaliar a trabalhabilidade da argamassas;
- Ensaios complementares: teor de ar incorporado, espalhamento e Vane Test. Foram adotados para complementar a as avaliações de trabalhabilidade nas condições de campo;
- Ensaios das normas auxiliares a NBR 13281:2005: Idem ao dos Ensaios de Requisitos;
- Classificação das argamassas.

A Figura 3.1 mostra o diagrama com as avaliações das argamassas e as etapas dos ensaios quanto aos Ensaios de Requisitos e os Ensaios de Campo, ambos no estado fresco e no estado endurecido.

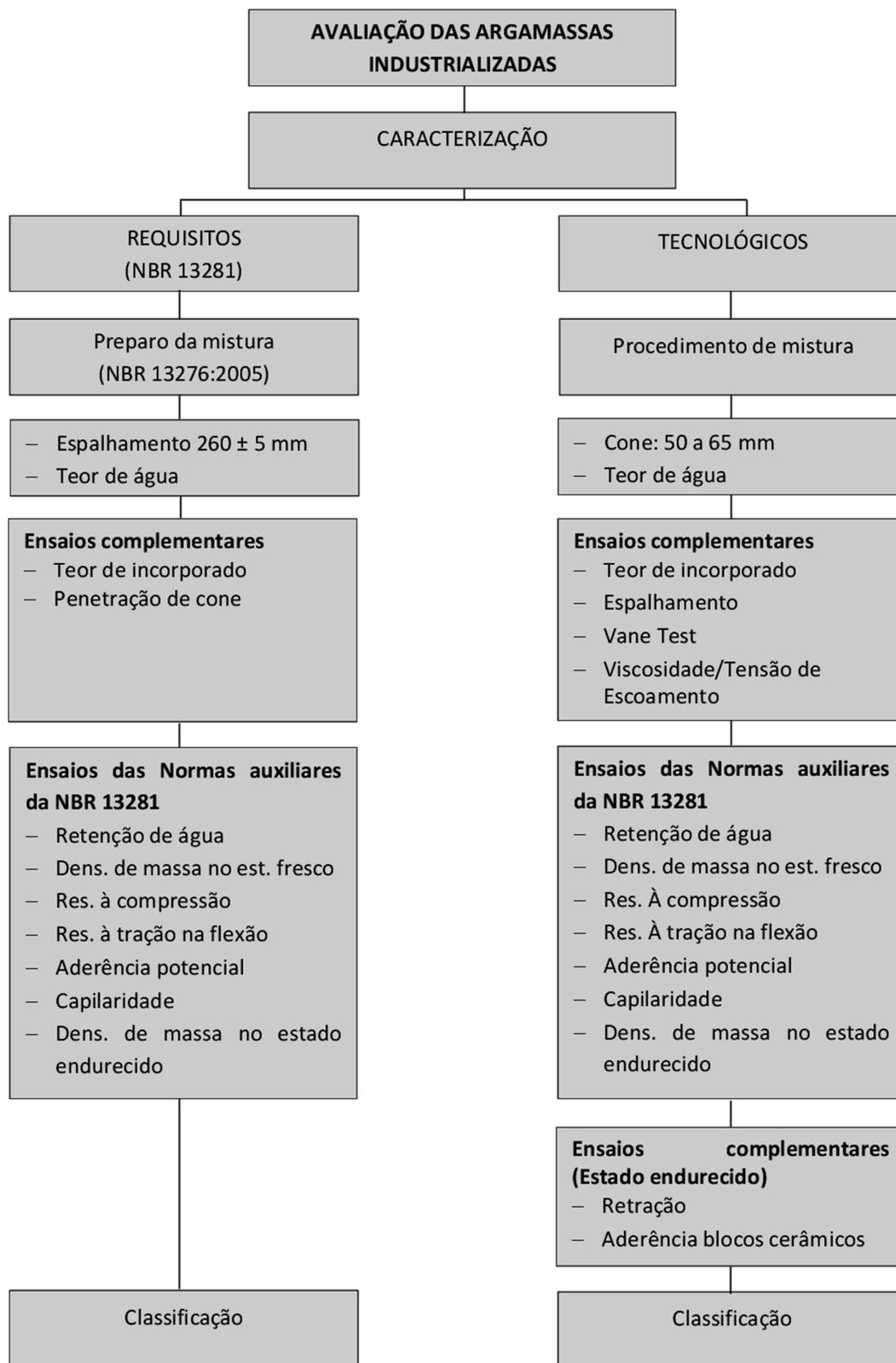


Figura 3.1- Diagrama com as etapas dos ensaios no estado fresco, endurecido

### 3.2 AMOSTRA

Parte das argamassas foram solicitadas junto aos fabricantes de diversas regiões do Brasil (Bahia, Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais) e a outra adquirida no mercado varejista de Brasília. Para aquisição das argamassas não houve critério de pré-seleção dos fabricantes.

As argamassas adquiridas vieram em sacos de 20, 25, 40 e 50 Kg (embalagens plásticas e de papel). Foram acondicionadas em sacos plásticos de 100 litros e estocadas em uma bancada de concreto do Laboratório de Ensaios de Materiais – LEM (UnB). O período médio de estocagem das amostras das argamassas foi de 30 dias. A Figura 3.2 demonstra o local e a forma de acondicionamento das argamassas.



Figura 3.2- Acondicionamento das argamassas

As amostras foram codificadas de A1 até A17 e estão apresentadas de forma genérica quanto suas especificações (revestimento utilizados em ambientes internos, revestimentos para ambientes externos, revestimentos para teto, para assentamento de blocos e multiuso que abrange todas as especificações anteriores), forma de aplicação recomendada pelo fabricante, teor de água recomendado pelo fabricante nas embalagens e tipo de areia. A Tabela 3.1 apresenta a seguir, estas informações.

Foram avaliadas neste estudo dezessete amostras de argamassas industrializadas, quanto às suas características no estado anidro, propriedades no estado fresco e endurecido. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de ensaio de materiais – LEM (UnB), exceto o ensaio de Granulometria a laser, realizado no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília.

Tabela 3.1- Identificação das argamassas industrializadas

<b>Amostras</b>	<b>Especificação</b>	<b>Forma de aplicação</b>	<b>Água na embalagem (%)</b>
A1	Multiuso	Manual	15,6 a 16,2%
A2	Multiuso	Manual	15,6 a 16,2%
A3	Multiuso	Manual	16,0 a 18,0%
A4	Multiuso	Manual	16 a 18%
A5	Revestimento int./ext.	Manual	19,0%
A6	Revestimento int./ext.	Manual	18,36%
A7	Assentamento/revestimento	Manual	14,0 a 18,0%
A8	Revestimento int./ext.	Projetável	16,4 a 17,2 %
A9	Revestimento int./ext.	Projetável	16,4 a 17,2 %
A10	Revestimento int./ext.	Manual	15,2 a 16,8%
A11	Revestimento int./ext.	Manual	12,60%
A12	Revestimento int./ext.	Projetável	16,4 a 17,2%
A13	Revestimento int./ext./teto	Manual	26,0%
A14	Multiuso	Manual	13,0 a 16,0%
A15	Revestimento ext.	Manual	14,25 a 15,75%
A16	Multiuso	Manual	14,0 a 16,0%
A17	Revestimento ext.	Manual	15,0 a 16,0%

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 Distribuição Granulométrica

Neste item são descritas as rotinas do desenvolvimento dos experimentos de todas as avaliações efetuadas no programa experimental.

##### 3.3.1.1 Método Peneiramento

Foi realizado o ensaio na argamassa anidra conforme procedimentos da NM 248:2003 (Agregados – Determinação da composição granulométrica).

Para esta pesquisa, a avaliação de distribuição granulométrica foi realizada apenas nas argamassas e não em suas areias.

Nos trabalhos foram utilizadas as peneiras recomendadas pela NM 248:2003 e por Carneiro (1999), assim como nas pesquisas realizadas por Sousa (2005).

As peneiras recomendadas pela NM 248:2003 série normal são: 2,36mm; 1,18mm; 0,60mm; 0,30mm; 0,150mm; e por Carneiro (1999), são: 0,85mm; 0,42mm; 0,212mm;

0,106mm, 0,075mm. As peneiras inseridas por carneiro tem o objetivo de melhorar a precisão da curva granulométrica uma vez que se consegue uma maior precisão na avaliação da distribuição do tamanho das partículas.

Quanto aos equipamentos empregados nos ensaios foi utilizado um peneirador mecânico da marca RO-TAP MODELO B. A Figura 3.3 ilustra o equipamento e as peneiras utilizadas para os ensaios.

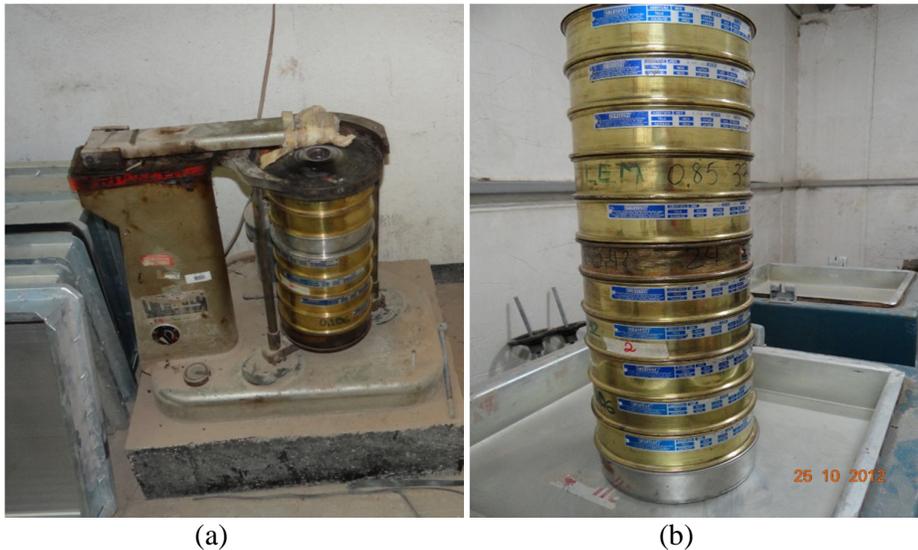


Figura 3.3- Peneirador mecânico (a) e peneiras utilizado nos ensaios (b)

Pesagem

Os procedimentos do ensaio de distribuição granulométrica seguiram-se as seguintes etapas:

- das peneiras vazias;
- Pesagem da amostra (200g) em cada peneira;
- Montagem do kit de peneiras;
- Agitação mecânica das peneiras no equipamento por 15 minutos;
- Pesagem peneira mais amostra;
- Calculo das percentagens retida e acumulada.

### 3.3.2 Massa Específica

Os ensaios de massa específica das argamassas foram realizados conforme procedimento da Norma ABNT NM 23:2000 (Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica). Para os ensaios utilizou-se um Frasco Le Chatelier.

Para o ensaio de massa específica seguiram-se as seguintes prescrições:

- Foi colocado o frasco com querosene submerso em banho de água por 1 hora para equalização das temperaturas;
- Realizado a primeira leitura (V1);
- Colocado em pequenas porções 60g da amostra no interior do frasco de “Le Chatelier”;
- Depois de tampado o frasco o mesmo foi girado em posição inclinada até que não subisse mais bolhas;
- Registrado a segunda leitura (V2).

A Figura 3.4 ilustra as etapas realizadas para determinação da massa específica das argamassas.

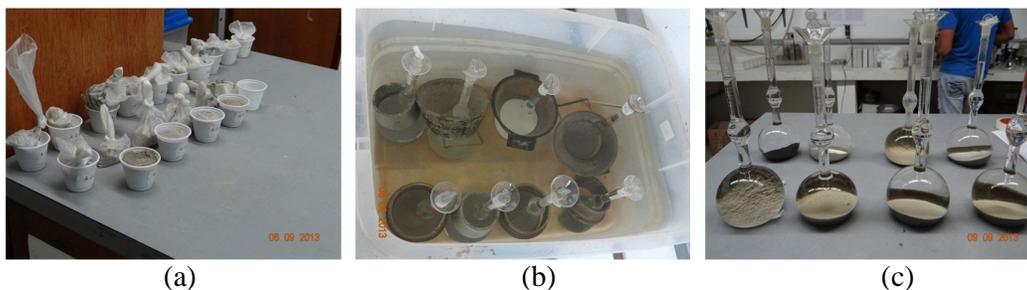


Figura 3.4- Frasco Le Chatelier utilizado nos ensaios e procedimentos: (a) detalhe das amostras (b) estabilização do querosene em água (c) amostras aptas para 2ª leitura

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.1 a seguir:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad [3.1]$$

Onde:

$\rho$  – é a massa específica expressa em (g/cm<sup>3</sup>);

M – é a relação entre massa de uma determinada quantidade de material em (g)

V – é o volume por ela ocupado (volume final – volume inicial (cm<sup>3</sup>)).

### **3.3.3 Massa Unitária (Massa Específica Aparente)**

Foi realizado conforme procedimentos adaptados da Norma ABNT NM 45:2006 (Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa unitária aparente).

Os equipamentos e acessórios utilizados para os ensaios foram um recipiente cilíndrico de 15,2 cm de diâmetro com volume aproximado de 2,80 dm<sup>3</sup>, um soquete metálico com base de socamento de 2,5 cm e altura total de 15 cm e uma haste metálica para rasamento.

As etapas do ensaio de massa unitária procederam-se da seguinte maneira:

- Colocou-se, aproximadamente, 3,5 kg de amostra anidra no recipiente cilíndrico;
- Após, preencheu-se o recipiente em 3 camadas, sendo que cada uma foi adensada com 25 golpes e em seguida pesou-se e registrou-se a massa do conjunto;
- Por fim, realizou-se os cálculos.

A Figura 3.5 a seguir, ilustra os utensílios e acessórios utilizados no ensaio como os procedimentos dos mesmos.

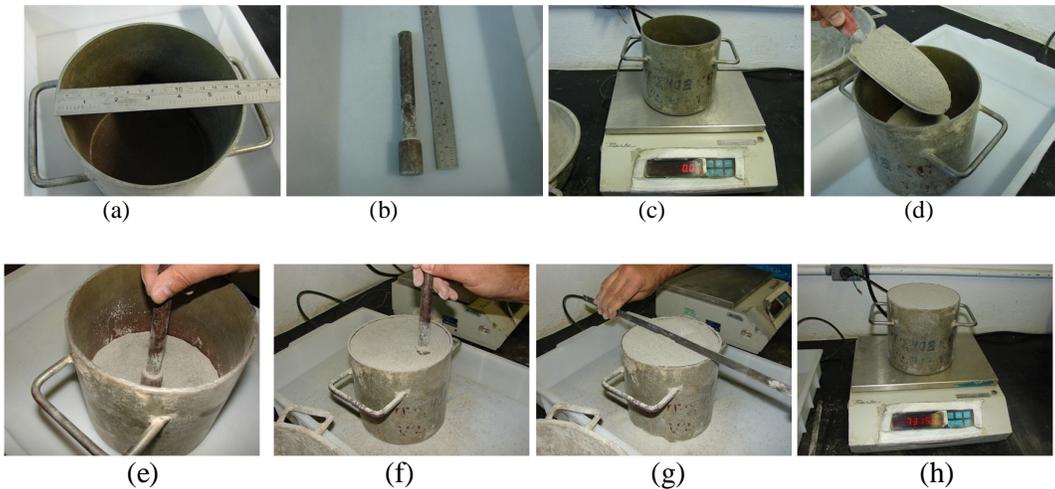


Figura 3.5- Utensílios, acessórios e procedimento do ensaio: (a) detalhe do recipiente que colocou-se a amostra (b) detalhe dos acessórios (c) pesagem do recipiente (d) colocação da amostra para adensamento da primeira camada (e) adensamento da 1ª camada (f) adensamento da 3ªcamada (g) rasamento (g) pesagem final

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.2 e 3.3 a seguir:

$$d1 = \frac{m}{V} \quad [3.2]$$

Onde:

- d1 – é a massa específica aparente da argamassa seca (g/cm<sup>3</sup>);
- m – é a média das massas da mesma argamassa seca em estufa (g);
- V – é o volume do frasco (cm<sup>3</sup>).

$$m = \left[ \frac{(m2 + m1)}{2} \right] - m3 \quad [3.3]$$

Sendo:

- m1 – é a primeira massa do conjunto (frasco + argamassa), em gramas;
- m2 – é a segunda massa do conjunto (frasco + argamassa) em gramas;
- m3 – é a massa do recipiente (g).

### **3.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DA TRABALHABILIDADE**

#### **3.4.1 Penetração Estática de Cone**

Os ensaios de penetração de cone para as argamassas foram realizados conforme as prescrições da norma ASTM C780 – 2012 (*Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry*). Para os ensaios utilizaram-se os equipamentos e acessórios como o dispositivo da marca SOLOTEST e uma espátula metálica (largura 12,7 mm e comprimento da lâmina de 150,0 mm) para adensamento e rasamento. A Figura 2.7 ilustra o equipamento utilizado nos ensaios.

A seguir, as etapas efetuadas no ensaio de penetração de cone, o qual consiste, a grosso modo, em penetrar um cone com massa e dimensões padronizadas em determinada amostra de argamassa:

- Penetração por ação do peso próprio do dispositivo em forma de cone com massa e dimensões padronizadas;
- Preencheu-se o recipiente cilíndrico (diâmetro interno 76 mm e altura 88 mm) em 3 camadas iguais aplicando 20 golpes de espátula (espátula de largura 12,7 mm e comprimento da lâmina de 150,0 mm);
- Colocou-se o recipiente no aparelho de ensaio posicionando o cone de modo a tocar a superfície da amostra de argamassa. Após isso, realizou-se a leitura do valor inicial por meio do elemento de medida fixo no equipamento;
- Liberou-se o cone o qual penetrou na amostra. Após 30 segundos, efetuou-se a leitura final.

#### **3.4.2 Vane Tester**

O ensaio de consistência (tensão de escoamento) das argamassas foi realizado conforme procedimento da ASTM D4648 – 2013 (*Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil*).

Para este ensaio empregou-se um dispositivo Vane Tester de bancada da MARCA VIATEST modelo V-Lab equipado com uma mola de torção com constante de  $2,32 \cdot 10^{-3}$

N.m/o . Empregou-se uma palheta em cruz com altura de 30 mm e largura 30 conforme ilustrou a Figura 2.8.

O ensaio de consistência seguiu-se as seguintes etapas:

- Preencheu-se o recipiente cilíndrico (diâmetro interno 76 mm e altura 88 mm) em 3 camadas iguais aplicando 20 golpes de espátula (espátula de largura 12,7 mm e comprimento da lâmina de 150,0 mm);
- Colocou-se o recipiente no aparelho e introduzindo a palheta na amostra até que a mesma atingisse uma profundidade de imersão de 29,0 mm;
- Aplicou-se o torque, tomando-se o cuidado para não ultrapassar a velocidade de 0,1 RPM (aproximadamente 60 a 90 °/min);
- Por fim, com o auxílio do torquímetro localizado na parte superior do equipamento, registrou-se a leitura do toque máximo que foi necessário para romper a camada de argamassa na região acerca da palheta.

Os cálculos do ensaio de tensão de escoamento foram realizados conforme equação 3.4.

$$T_m = \frac{\pi D^3}{2} \left( \frac{H}{D} + \frac{1}{3} \right) \tau_0 \quad [3.4]$$

Onde:

- $T_m$  – torque máximo (kgf.cm);
- $\tau_0$  – tensão de escoamento (kgf/cm<sup>2</sup>);
- $D$  – diâmetro da palheta (cm);
- $H$  – altura da palheta (cm).

Embora a tensão de escoamento apresente unidades em Kg/cm<sup>2</sup>; é usual expressar a mesma em KPa.

### 3.4.3 Índice de Consistência (Espalhamento)

Para o ensaio de espalhamento empregou-se um molde tronco-cônico de 25 mm (base inferior), 80 mm (base superior), 65 mm altura; soquete de 25 mm diâmetro, 170 mm

comprimento; mesa de espalhamento com 500 mm de diâmetro, 12 kg de massa, 12,5 mm altura de queda.

O ensaio de espalhamento foi realizado conforme ABNT NBR 13276:2005.

O ensaio de espalhamento foi realizado conforme as etapas, a seguir:

- Preencheu-se o recipiente tronco cônico em 3 camadas : 15, 10 e 5 golpes, respectivamente;
- Rasou-se a superfície com régua metálica;
- Executou-se 30n quedas em aproximadamente 30s;
- Realizou-se 3 medidas do diâmetro de espalhamento com paquímetro digital;
- Calculou-se a média.

A Figura 3.6 ilustra algumas etapas realizadas para o ensaio de espalhamento a seguir.

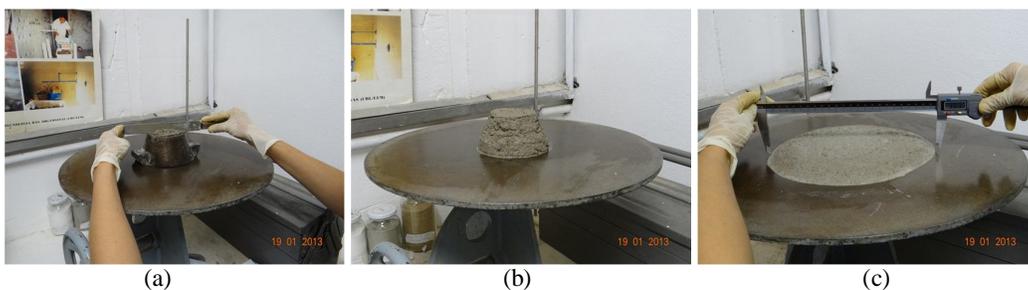


Figura 3.6- Procedimento do ensaio de espalhamento: (a) detalhe do rasamento da argamassa no recipiente tronco de cone (b) detalhe da argamassa desformada (c) detalhe da argamassa após o ensaio sendo mensurada.

#### **3.4.4 Ensaios de Viscosidade e Tensão de Escoamento - Reômetro.**

Foi utilizado um equipamento da marca BROOKFIELD modelo DV-III ULTRA. As medidas foram realizadas duas vezes e registradas no computador pelo software Rheocalc V3.1, que faz o cálculo da viscosidade dinâmica a partir da velocidade da sonda (spindle) e do torque exercido na amostra.

O ensaio de viscosidade foi realizado conforme as etapas a seguir:

- Efetuou-se a mistura da argamassa empregando-se o teor de água definido;
- Preencheu-se um Becker de vidro (volume de 600 ml) com a argamassa em 3 camadas adensadas com 25 golpes por uma espátula de largura 12,7 mm e comprimento da lâmina de 150,0 mm (Figura 3.10a);
- Por fim, rasou-se para retirar o excesso de argamassa;
- Inseriu-se a sonda lateralmente na argamassa, preenchendo em seguida, os vazios deixados pela sonda com um leve adensamento com espátula pequena (colher de plástico) (Figura 3.10b, c, d, e, f, g);
- Encaixou-se a sonda no Reômetro;
- Realizou-se o ensaio viscosidade;

Os procedimentos para o ensaio de tensão de escoamento seguiram-se as seguintes etapas:

- Preencheu-se um Becker de vidro (volume de 600 ml) com a argamassa em 3 camadas adensadas com 25 golpes por uma espátula de largura 12,7 mm e comprimento da lâmina de 150,0 mm (Figura 3.10a);
- Por fim, rasou-se para retirar o excesso de argamassa;
- Inseriu-se a sonda acoplada no equipamento na amostra (Figura 3.10l; 3.10m);
- Realizou-se o ensaio para determinação de tensão de escoamento;

A Figura 3.7 exemplifica os gráficos de viscosidade e tensão de escoamento, gerados durante os ensaios de reologia. As etapas dos ensaios de viscosidade e torque estão detalhadas na Figura 3.8.

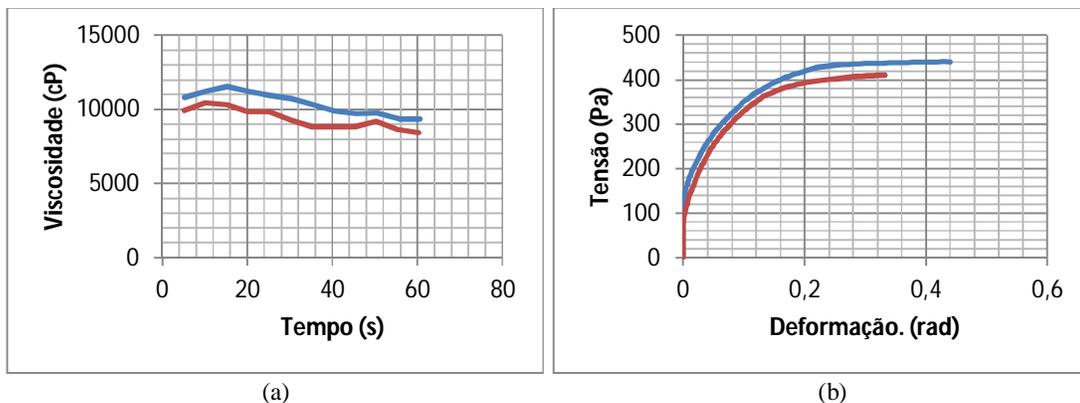


Figura 3.7-(a) Gráficos de viscosidade (b) tensão de escoamento.

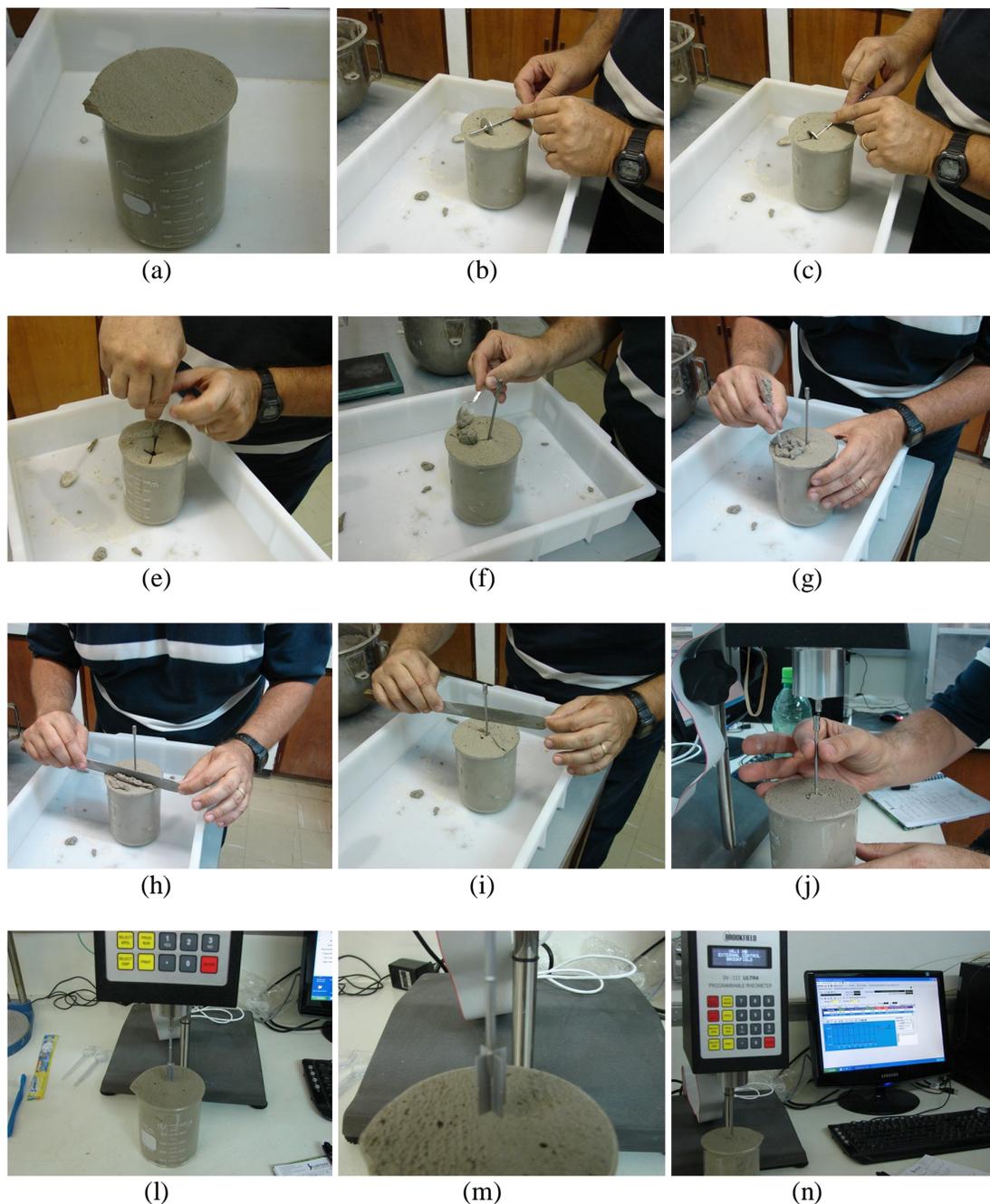


Figura 3.8-Procedimento do ensaio de viscosidade: (a) argamassa preparada para ensaio (b) (c) e (d) detalhe da colocação da haste (f) (g) (h) e (i) preenchimento dos vazios deixados pela haste (j) encaixe da haste (l) (m) detalhe encaixe da palheta (n) Realização dos ensaios de torque e viscosidade

### 3.5 PREPARO DAS MISTURAS ARGAMASSAS QUANTO AOS REQUISITOS

O preparo da mistura das argamassas foi realizado conforme as prescrições da norma ABNT NBR 13276:2005. Para tal, foi necessário um misturador mecânico modelo AG5

Metal Cairo o qual segue as especificações da norma ABNT NBR 7215:1996. A Figura 3.9 ilustra o equipamento utilizado nos ensaios.



Figura 3.9- Misturador mecânico utilizado nos ensaios

Para o preparo e mistura das argamassas partiu-se de uma quantidade de água inicial (indicada pelo fabricante), a fim de determinar o índice de consistência (espalhamento) aproximado de  $260 \pm 5$  mm. Quando não se conseguiu este valor, repetia-se o ensaio em uma nova mistura (nova amostra), com outra quantidade de água para mais ou para menos de acordo com o espalhamento. Isso foi feito, conforme as etapas, a seguir:

- Colocou-se água na cuba, em seguida a argamassa (2,5 kg de água + argamassa anidra);
- Misturou-se por 30 segundos em velocidade lenta;
- Desligou-se o equipamento para retirar o excesso de materiais das bordas do recipiente;
- Em seguida misturou-se por mais 30 s em velocidade lenta.

### **3.6 PREPARO DAS ARGAMASSAS QUANTO AS CONDIÇÕES DE CAMPO**

O preparo da argamassa quanto às condições de campo, foi realizado de forma a se conseguir um valor pré-estabelecido de cone (50 a 65 mm). Esta faixa de valor foi adotada como critério de padronização de mistura para todas as argamassas, visando com isso, alcançar uma trabalhabilidade ideal reproduzindo assim, as condições de campo. Para o ensaio, foi empregado um misturador de eixo horizontal intermitente modelo ANVI – 120, com capacidade de 120 kg de argamassa, sendo que a descarga da argamassa é feita por meio de uma comporta hermética na parte inferior da caçamba.

A Figura 3.10 ilustra o equipamento utilizado no preparo da argamassa.



Figura 3.10- Misturador de argamassa utilizado nos ensaios

O ensaio para preparação das argamassas nas condições de campo seguiu-se as seguintes etapas:

- Colocou-se todo o material anidro no misturador mecânico;
- Com o equipamento ligado, adicionou-se água aos poucos e logo após deixou-se misturar por um tempo de 2 minutos (este foi o tempo adotado no procedimento de mistura para encontrar a faixa de cone).
- Com equipamento desligado, retirou-se uma parcela da amostra para fazer a 1ª ensaio de cone.
- Encontrado o valor da penetração do cone (dentro da faixa de 50 a 65 mm), deixou-se a argamassadeira misturando por mais 4 minutos dando início aos ensaios.
- 

### **3.7 ENSAIOS E AVALIAÇÕES:**

#### **3.7.1 Estado Fresco**

##### **3.7.1.1 Vane Test**

- Conforme item 3.6.2

### 3.7.1.2 Teor de Ar Incorporado

O ensaio de ar incorporado pelo método pressométrico foi realizado conforme as prescrições da Norma NM 47: 2002 (Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico). Os equipamento e acessórios utilizados nos ensaios foram:

- Aparelho da marca SOLOTEST, específico para argamassas, com capacidade de 1 litro, conforme mostrado na Figura 2.2;
- Bastão liso de plástico 15 mm de diâmetro e extremidades semiesféricas;
- Régua plástica de 20 cm de comprimento para rasamento;
- Bomba de ar;
- Pêra de látex.

O ensaio de ar incorporado nas argamassas foi determinado conforme as etapas, a seguir:

- Preencheu-se o recipiente em 3 camadas iguais, adensando-as com 25 golpes
- Rasamento para retirar o excesso;
- Acoplou-se a tampa sobre o recipiente base, mantendo os registros abertos;
- Com a pêra injeta-se a água através do registro da esquerda, até que todo ar seja expelido pelo registro da direita, fechando ambos em seguida;
- Inseriu-se pressão com uma bamba de ar até o zero do marcador (manômetro);
- Pressionou-se a alavanca que transfere a pressão para o interior do recipiente base, mantendo ela pressionada por alguns segundos até a estabilização do ponteiro marcador;
- Leitura direta no marcador em porcentagem.

A Figura 3.11 a seguir traz em detalhe as etapas dos procedimentos para os ensaios de ar incorporado.

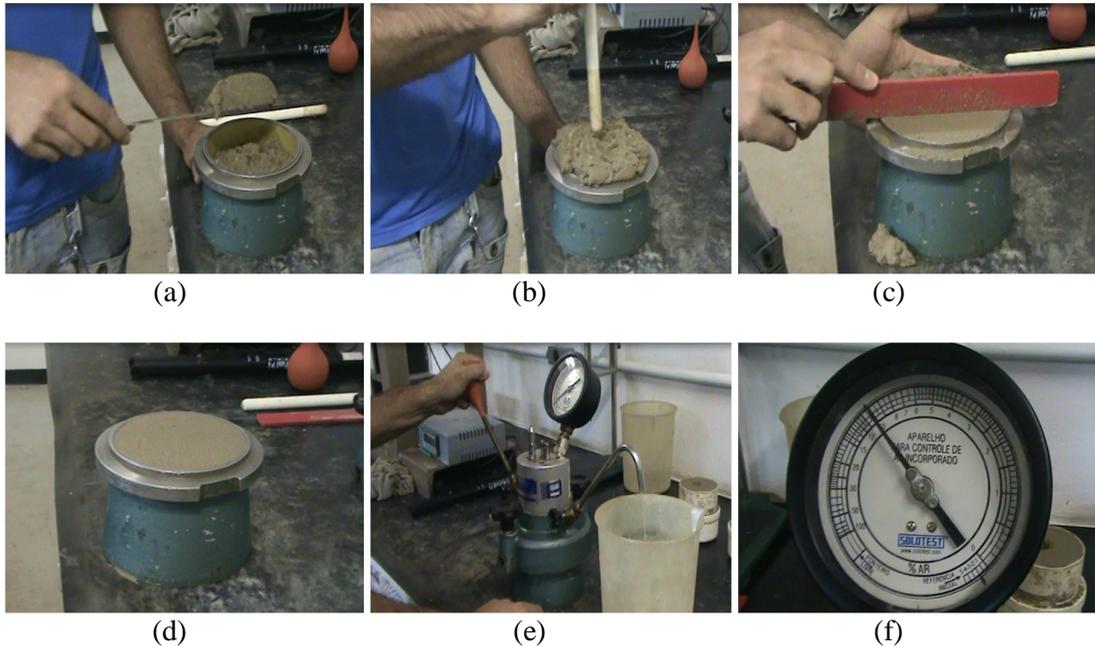


Figura 3.11- Procedimento do ensaio de ar incorporado: (a) argamassa colocada no recipiente (b) detalhe do adensamento (c) detalhe do rasamento (d) recipiente com argamassa pronto para acoplar a tampa (e) detalhe da injeção de água no equipamento (f) detalhe do marcador em porcentagem

### 3.7.1.3 Retenção de Água

Foi realizado pelo método do Funil de *Büchner* conforme procedimento da Norma NBR 13277:2005 (Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água).

Os equipamentos e acessórios utilizados para realização do ensaio de retenção de água foram:

- Funil de Büchner modificado marca SOLOTEST;
- Bomba de vácuo;
- Balança digital com precisão 0,01g;

O ensaio de retenção de água nas argamassas foi determinado conforme as etapas, a seguir:

- Colocou-se o papel-filtro sobre funil e umedeceu em água;
- Retirou-se o excesso de água na bomba a 50 mm de pressão mercúrio por 90 segundos;

- Pesou-se o conjunto (papel-filtro + funil);
- Preencheu-se prato do funil com argamassa, adensando com 16 golpes junto à borda e 21 no centro e, por último, rasou-se a superfície do recipiente para retirada da argamassa excedente;
- Pesou-se o conjunto determinando-se o valor de (Mfc);
- Tampou-se o prato e aplicou-se uma pressão de 50 mm Hg por 15 min.

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.5 a seguir:

$$\mathbf{Ra} = \left[ 1 - \frac{(Mfc - Mfi)}{a/af * (Mfc - Mfv)} \right] \quad [3.5]$$

Onde:

- Ra – retenção de água, (%);
- Mfv – massa do funil vazio + filtro, (g);
- Mfc – massa do funil cheio e filtro, (g);
- Mfi – massa do funil para o tempo “i” de exposição à sucção, (g);
- a/af – relação água/argamassa fresca;  $a/af = \frac{Mw}{(M + Mw)}$
- Mw – massa total de água utilizada na argamassa, (g);
- M – massa de argamassa industrializada, (g).

#### 3.7.1.4 Densidade de Massa no Estado Fresco

Foi realizado conforme as prescrições da Norma NBR 13278:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado).

Os equipamentos e acessórios utilizados para realização do ensaio foram: recipiente cilíndrico de PVC de 6,5 cm de diâmetro e 12,0 cm de altura, com volume aproximado de 400 ml; balança digital com precisão 0,01g.

O ensaio de densidade de massa no estado fresco das argamassas foi determinado conforme as etapas:

- Encheu-se o recipiente com 3 camadas adensadas com 20 golpes, por espátula metálica;
- Rasou-se e pesou-se o conjunto;
- Calculou-se a relação massa/volume

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.6 a seguir:

$$\gamma_f = \frac{(M_f - M_m)}{V} \quad [3.6]$$

Onde:

- $\gamma_f$  – densidade de massa, (g/cm<sup>3</sup>);
- $M_f$  – massa do molde com argamassa, (g);
- $M_m$  – massa do molde vazio, (g);
- $V$  – volume do molde, (cm<sup>3</sup>).

### 3.7.2 Estado Endurecido

#### 3.7.2.1 - Ensaios em prisma de argamassa

A partir das normas associadas à ABNT NBR 13279:2005 foram inseridas varias avaliações envolvendo os prismas de argamassa, em específico: resistência à tração na flexão, resistência à compressão e capilaridade.

A preparação dos prismas segue as etapas a seguir conforme prescreve a norma ABNT NBR 13279:2005:

- Moldou-se de 3 corpos de prova prismáticos (forma prismática 4 x 4 x 16 cm tripla) em duas camadas de 30 quedas, realizadas através de uma mesa de adensamento mecânico;
- Efetuou-se a rasadura;
- Acondicionou-se o conjunto em saco plástico hermético mantendo-o nesta condição até a desforma;
- Desformou-se após 48h;

- Após a desforma acondicionou-se em ambiente com  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e UR  $60 \pm 5\%$  até o momento do ensaio;

A Figura 3.12 a seguir traz em detalhe as etapas dos procedimentos para os ensaios de prismas de argamassas.



Figura 3.12- Procedimento do ensaio de prismas em argamassa: (a) detalhe da forma no adensador mecânico (b) detalhe da moldagem da 1ª camada (c) detalhe da retirada do excesso argamassa (d) detalhe dos prismas acondicionados em ambiente controlado

### 3.7.2.2 Resistência à Tração na Flexão

O método de ensaio de tração na flexão foi realizado conforme procedimentos da Norma NBR 13279:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão).

Os equipamentos e acessórios utilizados para o desenvolvimento dos ensaios foram: Prensa Hidráulica com capacidade para 5000 KN, balança digital (precisão de 0,01g) e paquímetro digital.

O ensaio de tração na flexão das argamassas foi determinado conforme as etapas a seguir:

- Aos 28 dias retirou-se a amostra do acondicionamento tomando-se as medidas de massa e geométricas (comprimento, largura e altura);
- Posicionamento no dispositivo de ensaio conforme norma ABNT NBR 13279:2005;
- Aplicação da carga até a ruptura em uma taxa de carregamento de  $50 \pm 10$  N/s.

A Figura 3.13 ilustra algumas etapas realizadas para a avaliação da resistência tração na flexão a seguir.

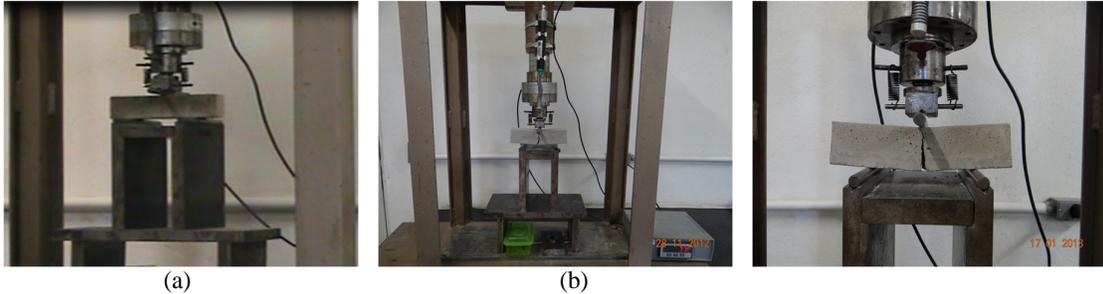


Figura 3.13- Procedimento do ensaio de resistência à tração na flexão: (a) detalhe do prisma colocado na prensa (b) prisma rompido (c) detalhe do prisma rompido

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.7 a seguir:

$$R_f = \frac{1,5 * F * l}{(40)^3} \quad [3.7]$$

Onde:

- $R_f$  – resistência à tração na flexão (MPa);
- $F$  – força aplicada (N);
- $l$  – distância entre apoios igual a 97,3 mm para ensaios em prismas e 160 mm para ensaios em placas isoladas;

### 3.7.2.3 Resistência à Compressão Axial

O método de ensaio realizado conforme prescrições da Norma ABNT NBR 13279:2005. Os equipamentos e acessórios utilizados no ensaio compressão foram os mesmos do ensaio de Resistência à tração na flexão, todavia adaptados aos ensaios de compressão axial (Figura 3.15). Os corpos de prova para este ensaio correspondem aos meio-prismas decorrentes do ensaio de resistência à tração na flexão, sendo que a face rasada foi posicionada lateralmente de modo que não fique em contato com as placas de aplicação da carga. Essas placas de dimensão 40 x 40 mm são usadas para distribuição da carga axialmente no corpo de prova (Figura 3.14).



Figura 3.14 – Detalhe da placa metálica sobre um prisma ensaiado

O ensaio de resistência à compressão das argamassas foi executado conforme as etapas:

- Utilizou-se os meio-prismas dos ensaios de resistência á tração na flexão (aos 28 dias);
- Posicionamento no dispositivo de ensaio conforme norma ABNT NBR 13279:2005;
- Aplicação da carga até a ruptura em uma taxa de carregamento de  $500 \pm 50$  N/s.

A Figura 3.15 ilustra algumas etapas realizadas para a avaliação da resistência á compressão axial a seguir.



Figura 3.15- Procedimento do ensaio de resistência à compressão axial: (a) detalhe do meio-prisma colocado na prensa (b) meio-prisma rompido (c) detalhe do meio-prisma rompido

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.8 a seguir:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad [3.8]$$

Onde:

- $R_c$  – Resistência à compressão (MPa);
- $F_c$  – Força máxima aplicada (N);
- 1600 – Área da seção 40 x 40 mm (mm<sup>2</sup>).

#### 3.7.2.4 Capilaridade

O método para o ensaio de capilaridade foi realizado conforme as prescrições da Norma NBR 15259:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação de absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade).

Os equipamentos e acessórios utilizados nos ensaios foram: Forma prismática 4x4x16 cm tripla; balança digital com precisão 0,01g; reservatório retangular.

O ensaio de capilaridade das argamassas foi determinado conforme as etapas a seguir:

- Utilizou-se 3 prismas confeccionados conforme procedimento descrito no item 3.7.2.1;
- Ensaiou-se as amostras aos 28 dias;
- Imergiu-se os prismas no reservatório em uma lâmina de água de 5 cm conforme mostra a Figura 3.16 b. Os corpos de prova são apoiados em sua extremidade em duas lâminas de vidro permitindo assim o acesso da água a superfície de absorção (Figura 3.16 a);
- Para cada determinação do ensaio o corpo de prova foi retirado do recipiente, seco superficialmente com um pano sendo então sua massa determinada. Imediatamente após o mesmo retorna ao recipiente com a lâmina de água. Nos ensaios efetuados foram feitas leituras a : 5, 10, 20, 40, 60 e 90 minutos.
- O coeficiente de capilaridade por definição é igual à inclinação da reta que passa pelo ponto de 10 minutos e 90 minutos

As etapas dos ensaios de capilaridade estão detalhadas na Figura 3.16 a seguir.

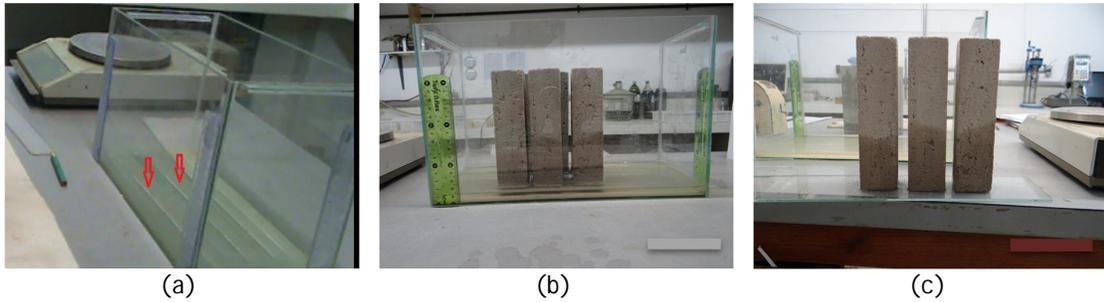


Figura 3.16- Procedimento do ensaio de capilaridade: (a) detalhe das lâminas de vidro no recipiente (b) detalhe dos prismas no recipiente com água (c) detalhe dos prismas após ensaio

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.9 a seguir.

$$C = \frac{m_{90} - m_{10}}{\sqrt{t_{90}} - \sqrt{t_{10}}} \quad [3.9]$$

Onde:

- C – coeficiente de capilaridade ( $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ );
- $m_{90}$  – absorção de água por capilaridade no tempo de 90 minutos ( $\text{g}/\text{dm}^2$ );
- $m_{10}$  – absorção de água por capilaridade no tempo de 10 minutos ( $\text{g}/\text{dm}^2$ );
- $t_{90}$  – tempo de 90 minutos;
- $t_{10}$  – tempo de 10 minutos;

### 3.7.2.5 Densidade de Massa no Estado Endurecido

Método de ensaio realizado para densidade de massa no estado fresco foi conforme prescrições da Norma NBR 13280:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido).

Os equipamentos e acessórios utilizados nos ensaios de densidade de massa no estado endurecido foram: Forma prismática 4 x 4 x 16 cm com capacidade para três prismas; mesa de adensamento mecânica; balança digital com precisão de 0,01 g; paquímetro digital.

O ensaio de densidade de massa no estado endurecido das argamassas foi determinado conforme as seguintes etapas:

- Empregou-se 3 prismas moldados para o ensaio na idade de 28 dias (item 3.7.2.1);
- Com paquímetro determinou-se a altura, a largura e o comprimento do prisma;
- Determinou-se a massa do prisma com a balança;

Os cálculos do ensaio foram realizados conforme equação 3.10 a seguir.

$$r_{\max} = \frac{m}{v} * 1000 \quad [3.10]$$

Onde:

- $r_{\max}$  – Densidade de massa ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );
- $m$  – massa do prisma (g);
- $v$  – volume do prisma ( $\text{cm}^3$ );

Sendo:

$$v = l * h * c \quad [3.11]$$

Onde:

- $l$  – largura do prisma (cm);
- $h$  – altura do prisma (cm);
- $c$  – comprimento do prisma (cm).

#### 3.7.2.6 Aderência Potencial à Tração no Substrato Padrão

O método de ensaio foi realizado conforme prescrições da Norma NBR 15258:2005 (Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração).

Os equipamentos e acessórios utilizados para realização dos ensaios foram:

- Gabarito de madeira para moldagem do corpo de prova sobre o substrato padrão;
- Colher de pedreiro e régua metálica para rasadura;
- Dinamômetro digital marca Dynatest de capacidade de carga de 5000 KN;

- Furadeira de Bancada marca MOTOMIL modelo FBM-1601 com dispositivos que permitem o adequado corte da amostra para o ensaio;
- Serra copo diamantada marca braskoki, diâmetro nominal de 60mm;
- Substrato padrão produzido pela Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP conforme a norma ABNT NBR 14082:2004;
- Pastilhas em aço de diâmetro 50 mm para colagem na região do círculo obtido com o corte da serra copo,
- Pasta adesiva a base de poliéster.

A avaliação de aderência potencial necessita que se efetue a moldagem e cura dos corpos de prova sobre o substrato padrão efetuando-se então o ensaio de aderência potencial na idade determinada (28 dias). O procedimento de moldagem e cura seguiu as seguintes etapas:

- Imprimiu-se a argamassa no substrato padrão em 2 camadas. A primeira com aproximadamente 5 mm foi aplicada sob pressão com a colher de pedreiro de modo a cobrir homogeneamente a superfície do substrato. A segunda, completando a espessura definida em norma, com ligeiro excesso para rasar com régua metálica, ficando uma espessura final de 20 mm;
- Curou-se os corpos de prova inserindo-os em saco plástico hermético durante 5 dias. Após isso a cura foi efetuada em ambiente de laboratório com aproximadamente 23°C e umidade relativa de 60%;

As etapas para o ensaio de aderência potencial seguiram-se as seguintes etapas:

- Cortou-se 10 corpos de prova na argamassa conforme norma ABNT NBR 15258:2005, a seco, 3 dias antes da ruptura com profundidade cerca 1 mm para dentro do substrato;
- Colou-se as pastilhas com adesivo;
- Rompeu-se por tração aos 28 dias;
- Mediu-se o diâmetro do corpo de prova com paquímetro (mm), calculando-se a tensão de aderência;
- Identificou-se o tipo de ruptura: no substrato, na interfase substrato/argamassa, na argamassa e na falha de colagem da pastilha.

As etapas dos ensaios nos blocos cerâmicos estão detalhadas na Figura 3.17 a seguir.

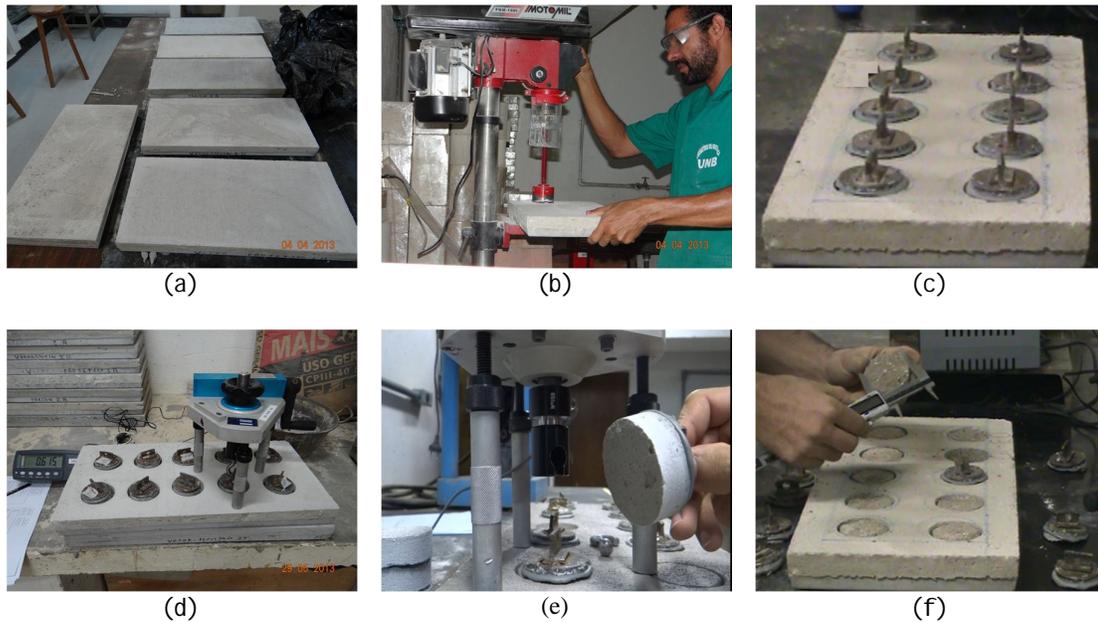


Figura 3.17 - Procedimento do ensaio de aderência: (a) detalhe da estocagem dos substratos padrão em ambiente a 23° C (b) perfuração do substrato padrão (c) detalhe das pastilhas coladas (d) preparo para ensaio de aderência (e) detalhe do corpo de prova extraído (f) mensuração do corpo de prova

Os cálculos dos ensaios foram realizados conforme equação 3.11 a seguir:

$$R_i = \frac{P_i}{A_i} \quad [3.12]$$

Onde:

- $R_i$  – resistência potencial de aderência à tração (MPa);
- $P_i$  – Carga de ruptura (N);
- $A_i$  – Área do corpo-de-prova (mm<sup>2</sup>).

### 3.7.2.7 Aderência à Tração em Blocos Cerâmicos

Para os ensaios de aderência, foi realizado uma pré-seleção de blocos cerâmicos para alvenaria não estrutural com absorção de água entre 20% e 23%, conforme norma NBR 15270:2005 (Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos).

O método de avaliação nos blocos cerâmicos foi realizado conforme prescrições da Norma ABNT NBR 15258:2005.

Os equipamento e acessórios utilizados para os ensaios de aderência nos blocos cerâmicos foram os mesmos do ensaio de aderência potencial. Os blocos cerâmicos também foram envolvidos em sacos plásticos por cinco dias.

O ensaio de aderência nos blocos cerâmicos das argamassas foi realizado conforme as seguintes etapas:

- Utilizou-se blocos cerâmicos pré-selecionados com absorção de água entre 20% e 23%, conforme prescrições da NBR 15270:2005,
- Utilizou-se 3 blocos por ensaio com 4 corpos-de-prova por bloco;
- As demais etapas aqui adotadas seguiram-se conforme as etapas do ensaio de aderência potencial.

As etapas dos ensaios nos blocos cerâmicos estão detalhadas na Figura 3.18 a seguir.

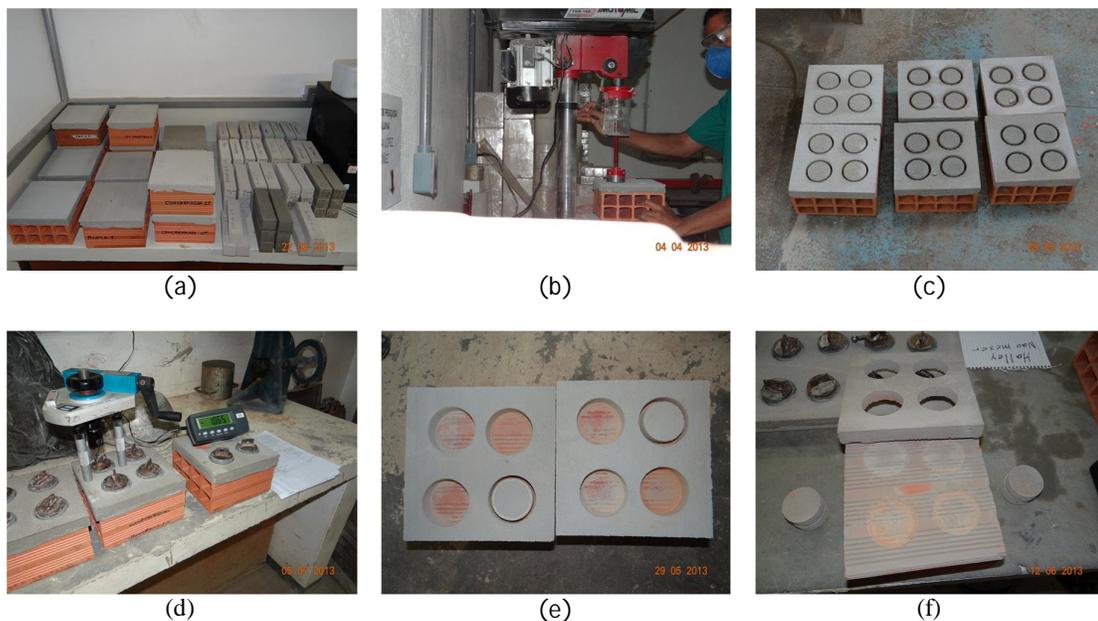


Figura 3.18- Procedimento do ensaio de aderência: (a) detalhe da estocagem dos blocos em ambiente a 23° C (b) perfuração dos blocos (c) detalhe blocos perfurados (d) preparo para ensaio de aderência (e) bloco cerâmico ensaiado (f) detalhe de uma argamassa com aderência ruim

Os cálculos das avaliações foram realizados conforme equação 3.12 da aderência potencial.

### 3.7.2.8 Retração (Variação Dimensional)

O ensaio retração das argamassas foi realizado conforme prescrições da Norma NBR 15261:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes de tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)).

Os equipamentos e acessórios utilizados no ensaio de variação dimensional foram:

- Forma prismática marca SOLOTEST 2,5 x 2,5 x 28,5 cm tripla com pino de medição em aço inoxidável;
- Aparelho comparador de comprimento marca SOLOTEST com relógio comparador da marca DIGIMESS com precisão de 1  $\mu\text{m}$ ;
- Balança digital com precisão de 0,01 g;
- Paquímetro digital (curso 400 mm);
- Container para armazenamento dos corpos de prova nas condições padronizadas temperatura  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa  $50 \pm 5\%$ )

O ensaio de variação dimensional das argamassas seguiu-se as seguintes etapas:

- Preparou-se as amostras conforme seção 3.6;
- Moldou-se a argamassa em cada forma com 2 camadas de 25 golpes utilizando um soquete de plástico com 150 mm de comprimento e faces de 13 mm e 25 mm;
- Rasou-se após o adensamento da 2ª camada para retirar o excesso da argamassa;
- Acondicionou-se o conjunto em saco plástico hermético por 48h e após, desformou-se os corpos de prova;
- Realizou-se a 1ª leitura (2º dia) no aparelho comparador de comprimento em seguida registrou-se a massa do prisma com auxílio de uma balança e seu comprimento inicial com auxílio de um paquímetro digital;
- Após as medições colocou-se os prismas em um container de plástico para manutenção da umidade relativa e temperatura definidos;

- Fez-se as leituras 3 vezes por semana, respeitando as datas de 7 e 28 dias ;

É importante relatar que a idade de dois dias para o início das medições está associada às resistências mínimas do corpo de prova ao processo de desmoldagem.

As etapas dos ensaios de retração estão detalhadas na Figura 3.19 a seguir.



Figura 3.19 - Procedimento do ensaio de retração: (a) detalhe do prisma no aparelho comparador de comprimento (b) detalhe do prisma sendo aferida sua dimensão

Os cálculos do ensaio de variação dimensional foram realizados conforme equação 3.13 a seguir.

$$e_i = \frac{L_i - L_0}{L} \quad [3.13]$$

Onde:

- $e_i$  - Variação dimensional: retração (-) ou expansão (+) na idade “i” (mm/m);
- $L_i$  - Leitura realizada na idade final (mm);
- $L_0$  - Leitura realizada após a desforma (mm);
- $L$  - comprimento total do corpo de prova medido com o paquímetro na primeira leitura (m);
- $i$  - Idade da leitura (dias).

Os cálculos do ensaio de variação de massa foram realizados conforme equação 3.14 a seguir.

$$Dm = \frac{m_i - m_o}{m_o} * 100 \quad [3.14]$$

Onde:

- Dm - Variação de massa (g);
- mi - Massa na idade final (g);
- M<sub>0</sub> - Massa após a desforma (g).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentam-se os resultados encontrados nas investigações para caracterização das argamassas industrializadas no estado anidro, avaliações de Requisitos e Tecnológicos. Detalham-se também os resultados das avaliações complementares como: penetração de cone, Vane *Tester* e variação dimensional. As amostras A13 e A15 não estão inseridas neste capítulo, pois os resultados dos valores encontrados para estas argamassas ficaram divergentes dos demais, ou seja, valores espúrios. Entretanto todas as avaliações para estas duas amostras se encontram ao longo dos apêndices.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS NO ESTADO ANIDRO

Para caracterização das amostras no estado anidro, fez-se as análises pelos ensaios de massa específica, massa unitária, módulo de finura, dimensão máxima característica e porcentagens de finos passantes na peneira 0,075 mm. Com os resultados desses ensaios, foram compostas as curvas de distribuição granulométrica pelo método de peneiramento. A Tabela 4.1 apresenta as faixas de distribuições para todas as amostras onde se pode observar o comportamento em cada uma.

Na avaliação das demais propriedades investigadas no estado anidro, em específico, a massa unitária, massa específica e o teor de microfinos (avaliado pelo ensaio de pulverulento), são apresentados na Figura 4.1 e Figura 4.2 onde apresenta os resultados das investigações para caracterização das argamassas na seguinte ordem: massa específica, massa unitária, módulo de finura, Dimensão máxima característica, microfinos na peneira 0,075 mm.

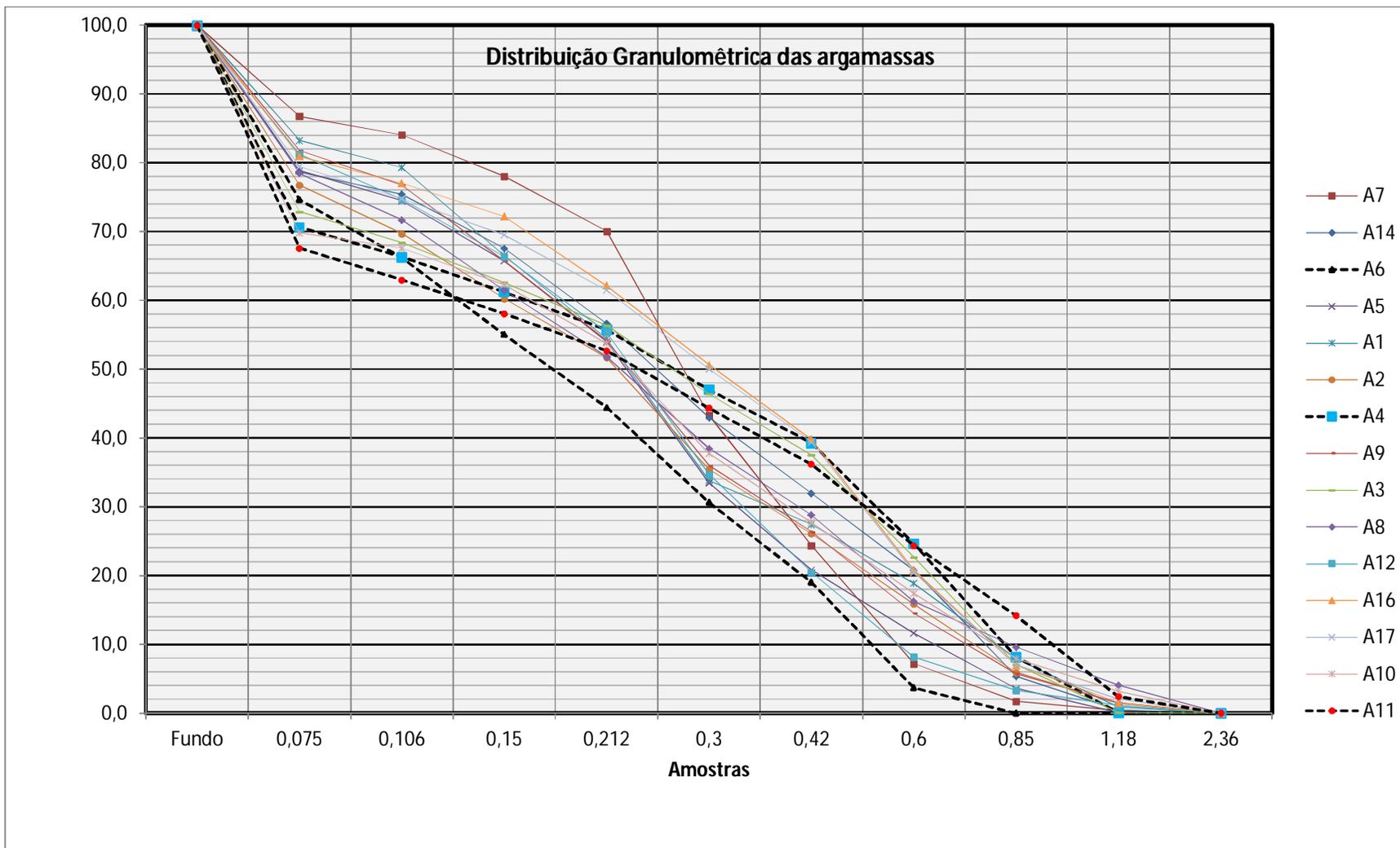


Figura 4.1– Distribuição granulométrica das argamassas

Tabela 4.1- Resultados de caracterização física das argamassas no estado anidro

Avaliações para caracterização das argamassas - Peneiras					
Amostra	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de finura	Dimensão Máxima Peneira	% Passante # 0,075 mm
A1	2,80	1,71	1,20	1,18	16,8
A2	2,80	1,71	1,13	1,18	23,2
A3	2,87	1,75	1,32	1,18	27,1
A4	2,87	1,75	1,70	1,18	29,2
A5	2,80	-	1,11	0,85	21,2
A6	2,82	-	0,89	0,60	25,4
A7	-	1,77	1,29	0,85	13,2
A8	2,83	1,81	1,20	1,18	21,5
A9	2,83	1,81	1,18	1,18	18,2
A10	2,71	1,80	1,21	1,18	30,2
A11	2,75	1,78	1,29	1,18	32,4
A12	2,68	1,61	1,10	0,85	18,6
A14	2,68	1,84	1,32	1,18	21,3
A16	2,71	1,80	1,45	1,18	19,0
A17	2,71	1,79	1,42	1,18	20,5
<b>Média</b>	<b>2,78</b>	<b>1,76</b>	<b>1,25</b>	-	<b>22,53</b>
<b>Mínimo</b>	<b>2,68</b>	<b>1,61</b>	<b>0,89</b>	-	<b>13,23</b>
<b>Máximo</b>	<b>2,87</b>	<b>1,84</b>	<b>1,70</b>	-	<b>32,43</b>

Legenda: (-) Ensaio não realizado

Observa-se na Figura 4.1, que entre todas as amostras, a argamassa A7 destaca-se por possuir uma distribuição granulométrica mais descontínua, seguida das argamassas A4 e A11 respectivamente. A argamassa A6 possui uma curva de distribuição granulométrica mais contínua a partir da peneira de malha 0,075 mm. A maioria das argamassas têm material retido na peneira de malha 1,18 mm com exceção das argamassas A3 e A6, sendo que esta última não tem material retido na malha 0,85 mm. Observa-se também que as argamassas A10 e A11 possuem material retido no fundo das peneiras superiores a 30% e a A7 inferior a 15%. Este material retido no fundo representa o teor de finos presentes na composição das argamassas. Basicamente são compostos pelos finos reativos (cimento, cal e aditivos, para algumas argamassas) e os finos inertes (compostos pelo teor de material pulverulento dos agregados).

Para as avaliações de massa específica das argamassas obtiveram-se os valores de 2,87 g/cm<sup>3</sup> (máximo) para a argamassa A3 e 2,68 g/cm<sup>3</sup> (mínimo) para a argamassa A12 e A14. Observa-se que entre esses valores a variação encontrada foi pequena, demonstrando que

estas argamassas, possivelmente, possuem em suas formulações materiais semelhantes como areias, cimento, entre outros, não havendo nenhuma, por exemplo, com agregados leves (poliestireno expandido), que distorcessem a proximidade dos valores encontrados para as massas específicas das argamassas.

Como complemento das avaliações visto da heterogeneidade das argamassas, foi feita uma avaliação visual das areias das argamassas com intuito de melhor caracterizá-las. A Figura 4.2 apresenta através de imagens, as dezessete areais das argamassas.

Como se pode observar na Tabela 4.1 supracitada, a média encontrada para a massa específica foi de  $2,78 \text{ g/cm}^3$ , estando esta média entre a massa específica do cimento (aproximadamente  $3,12 \text{ g/cm}^3$ ) e a massa específica da areia (aproximadamente  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ).

Nos resultados de massa unitária obteve-se o valor máximo de  $1,84 \text{ g/cm}^3$  para a argamassa A14 e mínimo de  $1,61 \text{ g/cm}^3$  para a argamassa A12 e tendo como provável justificativa para este menor valor, sua origem mineralógica, visto ser uma areia distinta, comparando-se com as demais areias das argamassas, além da amostra A12, de acordo com o fabricante, ser especificada para projeção, o que sugere uma menor massa unitária para garantir um melhor desempenho durante aplicação. Como complemento da avaliação a Figura 4.3 a seguir, ilustra as informações do agregado da amostra A12 e demais amostras. A média de massa unitária encontrada nesta avaliação foi de  $1,76 \text{ g/cm}^3$ . A massa unitária irá depender além da distribuição granulométrica, das formas das partículas, bem como também será influenciada pelo teor de microfios. O teor de microfios engloba o aglomerante e parte dos agregados que constituem as argamassas.

Na avaliação de módulo de finura obteve-se como valor máximo de 1,70 para a argamassa A4 e mínimo de 0,89 para argamassa A6. Para os valores máximos e mínimos encontrados, chama-se a atenção para o menor valor que é um indicativo de alto teor de finos na composição da argamassa, também evidenciado nas análises do teor de finos passante na peneira 0,075 mm. A média encontrada na avaliação foi de 1,25.

Pela análise das distribuições granulométricas a amostra A6 é a mais fina possuindo a menor dimensão máxima característica (0,6); as amostras A5, A7 e A12 apresentam cada

uma, um valor de 0,85; e as demais amostras apresentam valor de 1,18 de dimensão máxima característica.

Nas avaliações de porcentagem passante na peneira 0,075 mm tiveram-se como resultado máximo 32,43% e mínimo 13,23%. Já a média encontrada para eles foi de 22,53%. Observa-se que para este maior valor encontrado (32,43 %), possivelmente existe uma maior quantidade de finos na composição da argamassa, também demonstrando de certa forma pelo módulo de finura com 1,27 para a argamassa A11.

Para a avaliação visual dos agregados das argamassas, foram tiradas fotografias para caracterização dos grãos quanto ao seu tipo e a sua forma. Para proceder a avaliação, primeiramente lavou-se a argamassa com água na peneira 0,75 mm para separar os finos (cimento, material pulverulento, etc.) da areia da argamassa. A Tabela 4.2 traz as informações do tipo de areia e a Figura 4.2 e Figura 4.3 ilustram as amostras com a distribuição dos grãos das areias, a seguir.

Tabela 4.2 - Identificação das areias das argamassas industrializadas

<b>Amostras</b>	<b>Tipo de areia</b>
A1	Britada/Natural
A2	Britada
A3	Britada
A4	Britada
A5	Britada
A6	Britada
A7	Natural
A8	Britada
A9	Britada
A10	Natural
A11	Britada
A12	Natural
A14	Natural
A16	Britada
A17	Britada

Embora não seja objetivo deste estudo caracterizar os agregados das argamassas, cabe mencionar que as propriedades e características Tanto no estado fresco como no endurecido são influenciadas pelas características texturais, morfológicas, litológicas das areias. Além disso, a distribuição granulométrica das areias também exerce forte influencias nas propriedades das argamassas.

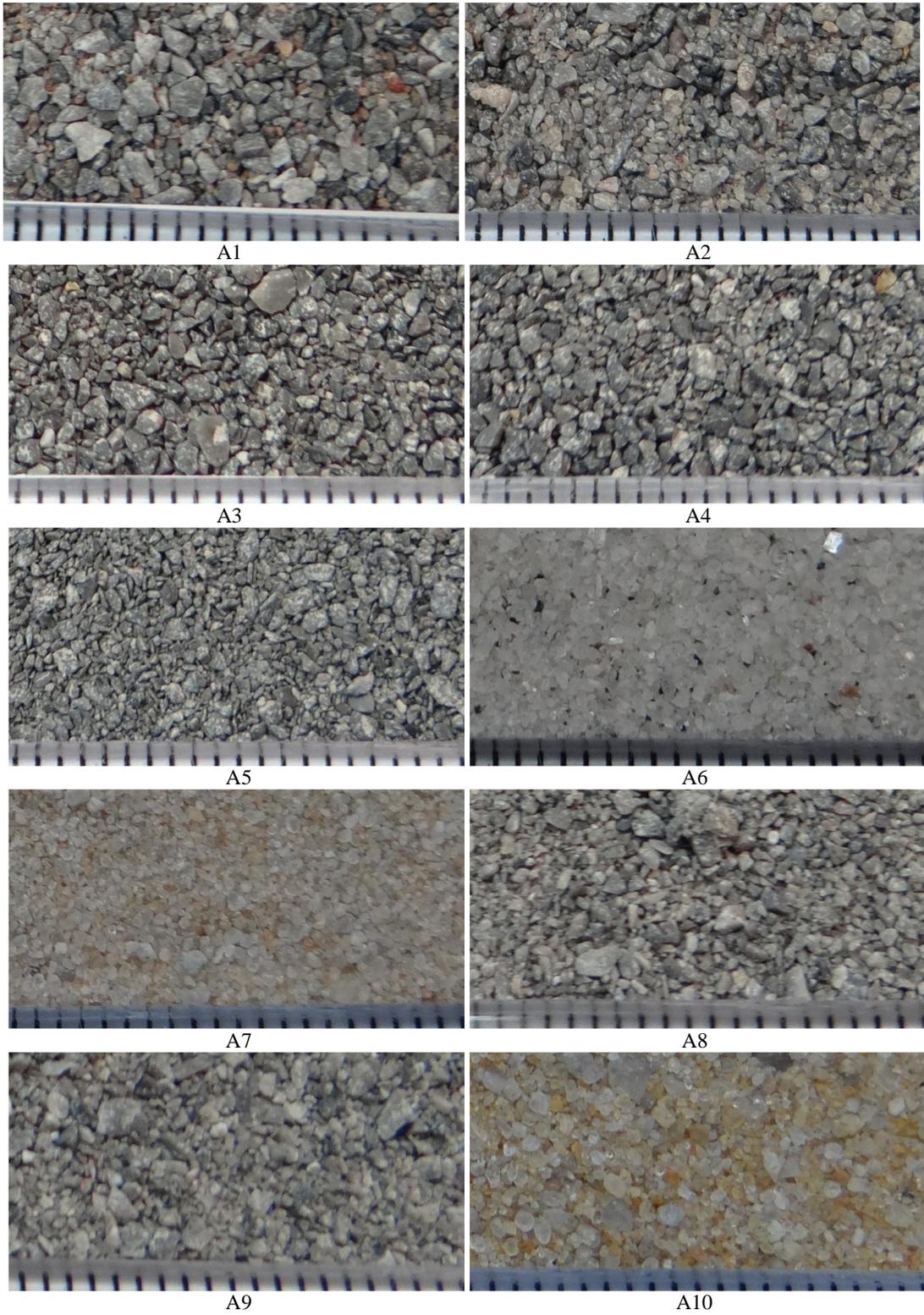


Figura 4.2 - Imagem dos grãos das amostras A1 até A17 com escala em milímetros (mm)

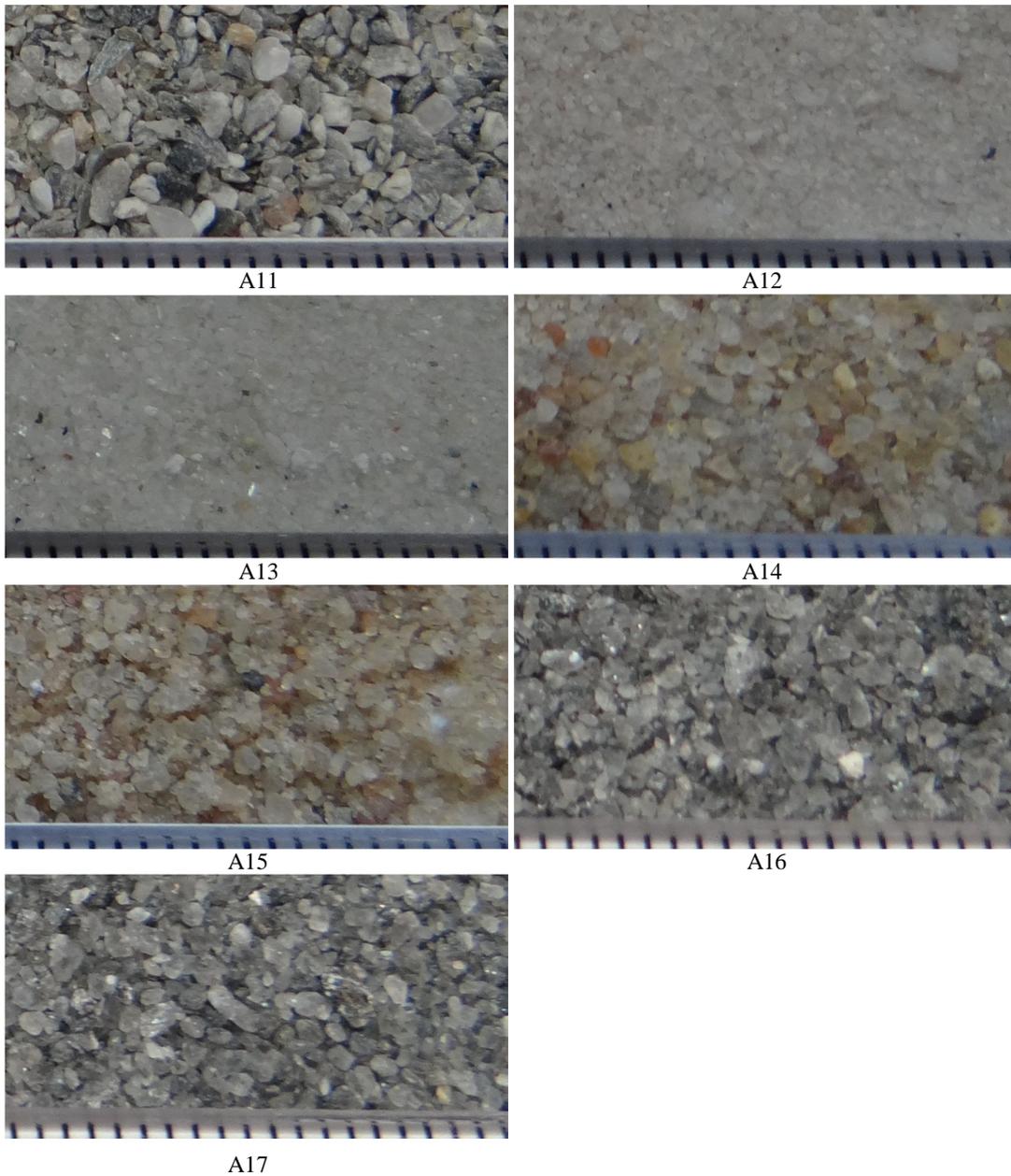


Figura 4.3 - (continuação)- Imagem dos grãos das amostras A1 até A17 com escala em milímetros (mm)

Observa-se que o agregado da argamassa A1 parece ser uma mistura de areias britada com natural; a argamassa A2 é uma areia britada com uma distribuição de grãos visualmente mais uniforme; as areias A3, A4, A11, A16 e A17 são areias britadas com um arranjo de grãos maiores comparando-se, por exemplo, com a A2; as A5 e A8 e A9 também são areias britadas com grãos apresentando formas mais irregulares e lamelares; os agregados das argamassas A6, A7 e A10 são mais claros de natureza provavelmente de jazidas; a A12

parece ser uma areia de rio por sua forma arredondada e por apresentar fragmentos de material orgânico em sua composição assim como a areia A14 com grãos um pouco maiores e visualmente mais arredondados.

## **4.2 AVALIAÇÕES REALIZADAS QUANTO AOS REQUISITOS**

Os resultados das avaliações dos requisitos se destinam a classificação das argamassas em estudo, nas condições regidas pela norma ABNT NBR 13276: 2005. Assim conforme descreve a seção 3.4, essa classificação e avaliação correspondem aos Requisitos da amostra de estudo. Outros aspectos complementares, associados às características específicas das argamassas, são também avaliados.

### **4.2.1 Caracterização das amostras no estado fresco quanto aos Ensaios Complementares.**

Inicialmente para cada amostra foi determinada a quantidade de água necessária para obtenção da medida de espalhamento (água para espalhamento) na mesa de consistência (faixa de  $260 \pm 5$  mm) conforme recomendação da ABNT NBR 13276:2005. A Tabela 4.3 traz a faixa de água de dosagem recomendada pelo fabricante (nas embalagens), a água de dosagem utilizada na confecção de cada argamassa (água necessária para encontrar o espalhamento de  $260 \pm 5$  mm).

O teor de água obtido é uma variável resposta em função do critério de espalhamento para todas as argamassas. O mesmo é específico de cada argamassa e resulta da sua formulação e dos materiais empregados. Portanto o teor de água é um valor individual e característico de cada argamassa estudada, não cabendo discussões sobre valores médios, máximos e mínimos.

Tabela 4.3 - Teor de água necessária para espalhamento

Amostra	Valores de água recomendada pelo fabricante na embalagem (%)	Água para espalhamento (%)	Valores fora da faixa (%)
A1	15,6 a 16,2 (média = 15,9)	16,0	0
A2	15,6 a 16,2 (média = 15,9)	17,0	+ 0,8
A3	16,0 a 18,0 (média = 17,0)	16,0	0
A4	16,0 a 18,0 (média = 17,0)	14,0	- 2,0
A5	19,0	19,0	0
A6	18,4	22,0	+ 3,6
A7	14,0 a 18,0 (média = 16,0)	15,0	0
A8	16,4 a 17,2 (média = 16,8)	16,0	- 0,4
A9	16,4 a 17,2 (média = 16,8)	16,0	- 0,4
A10	15,2 a 16,8 (média = 16,0)	16,0	0
A11	12,6	21,0	+ 8,4
A12	15,2 a 16,8 (média = 16,0)	17,0	+ 0,2
A14	13 a 16 (média = 14,5)	14,0	0
A16	14 a 16 (média = 15,0)	14,0	0
A17	15 a 16 (média = 15,5)	14,0	- 1,0

O gráfico da Figura 4.1a seguir, ilustra a faixa de água (mínima e máxima) recomendada pelos fabricantes e a água utilizada para dosagem da argamassa para alcançar o espalhamento de da norma.

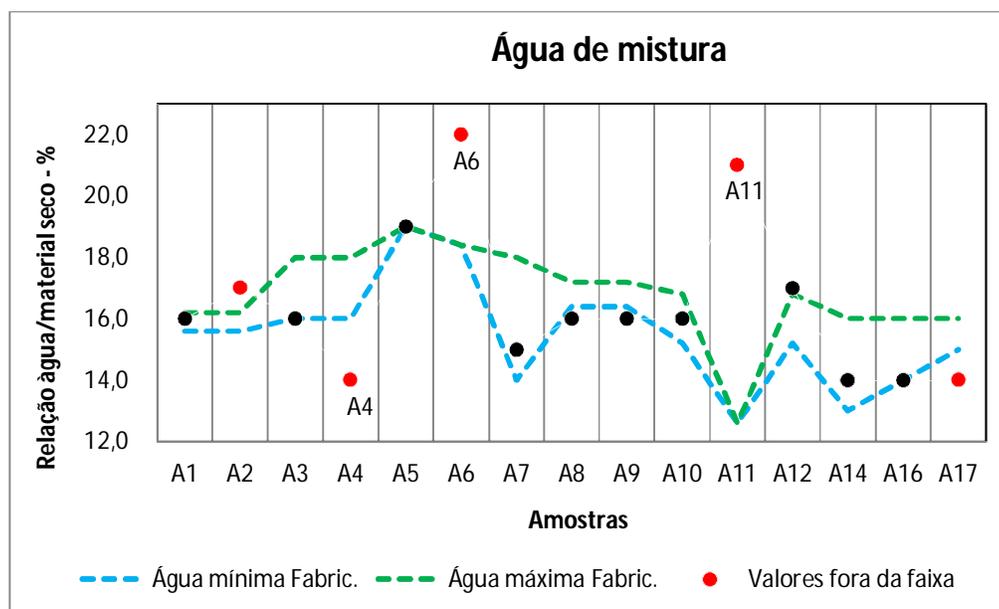


Figura 4.4 - Valores de água recomendada pelos fabricantes para mistura e água encontrada na mistura para espalhamento

Observa-se que a maioria dos valores de água necessária para se alcançar o espalhamento, durante a confecção das argamassas, de uma forma geral, não foram tão diferentes dos valores de água recomendados pelos fabricantes, ou seja, a maioria das amostras ficaram dentro ou próximas da faixa de valores de água que os fabricantes recomendam. Todavia, as que ficaram mais distantes das faixas foram as amostras A4, A6 e A11 com valores de -2,0%; +3,6%; e +8,4% respectivamente, sendo que, para primeira argamassa seu valor ficou abaixo da faixa do fabricante, ou seja, utilizou-se menos água para encontrar o espalhamento. Como possível explicação pode ter sido em função do módulo de finura que se encontra um pouco elevado (1,70) conforme Tabela 4.1, ou seja, a composição da argamassa A4 possui uma quantidade menor de finos, e com isso, demandando uma menor quantidade de água para se conseguir o espalhamento necessário.

Para as amostras A6 e A11 (acima da faixa de água recomendada pelo fabricante para o espalhamento), o módulo de finura ficou um pouco menor, comparando-se com as demais amostras. No caso da amostra A6 o valor do módulo de finura é 0,89 e para a amostra A11 o módulo de finura é igual a 1,29 evidenciando, para estas duas amostras, um possível aumento no consumo de água. É claro que esta variável sozinha, às vezes, não é indicativo de consumo de água, sendo necessária a avaliação em conjunto de outras variáveis como o teor de finos passante na peneira de malha 0,075mm e a curva granulométrica (ambas na Tabela 4.1), além do tipo de aditivo, entre outros. No caso dos passantes na peneira 0,75mm, os valores ficaram próximos entre si, não sendo possível avaliar isoladamente esta variável e as curvas granulométricas das amostras A4, A6 e A11 apresentaram-se com certa sensibilidade para estas amostras, conforme. Portanto para estas três amostras analisadas, principalmente as duas últimas, demonstra que possivelmente ocorreu anomalia no lote analisado que tenha resultado em grande diferença.

Uma vez definida o teor de água, foram realizadas as demais avaliações complementares: penetração de cone (Cone) e teor de ar incorporado pelo método pressométrico (Ar).

A Tabela 4.4, traz algumas propriedades das argamassas com seus respectivos resultados e estão apresentados na, seguinte ordem: espalhamento, cone de cone, relação água/material seco (água/material), e teor de ar incorporado.

Tabela 4.4 - Propriedades das argamassas em condições de Laboratório (Ensaios Complementares)

<b>Amostra</b>	<b>Espalhamento (mm)</b>	<b>Cone (mm)</b>	<b>Água/Materiais secos (%)</b>	<b>Ar (%)</b>
A1	260,0	55,0	16,0	15,5
A2	265,0	62,0	17,0	14,6
A3	267,0	55,0	16,0	14,0
A4	260,0	52,0	14,0	15,5
A5	256,0	53,0	19,0	17,0
<b>A6(*)</b>	<b>324,0</b>	<b>58,0</b>	<b>22,0</b>	<b>2,7</b>
A7	257,0	43,0	15,0	8,5
A8	260,0	62,0	16,0	15,0
A9	264,0	61,0	16,0	14,5
A10	264,0	49,0	16,0	7,8
A11	260,0	50,0	21,0	9,0
A12	264,0	35,0	17,0	9,4
A14	260,0	56,0	14,0	15,0
A16	259,0	37,0	14,0	11,0
A17	262,0	44,0	14,0	10,5
<b>Média</b>	<b>261,0</b>	<b>52,0</b>	<b>16,0</b>	<b>12,7</b>
<b>Máximo</b>	<b>267,0</b>	<b>62,0</b>	<b>21,0</b>	<b>17,0</b>
<b>Mínimo</b>	<b>256,0</b>	<b>35,0</b>	<b>14,0</b>	<b>7,8</b>

(\*) valor anômalo não computado na média e na faixa de resultados

Para os resultados de cone, obtiveram-se os valores de 62 mm (máximo) e 35 mm (mínimo). Embora o espalhamento seja um critério para se medir consistência, assim como o cone, os valores deste último foram divergentes na comparação com o espalhamento, sendo encontrados valores fora da faixa (50 a 65 mm) recomendada pelo Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM (UnB) e pesquisas de Cascudo e Carasek (2006). Os valores encontrados fora da faixa do cone foram: 35, 37, 43 e 44 mm, sugerindo-se que estas avaliações sejam para medir propriedades diferentes da consistência. Também cabe ressaltar o sinergismo envolvido no processo de mistura das argamassas como também as diferentes formulações que constituem as mesmas Sousa, 2005 encontrou também divergências entre estes dois ensaios atribuindo as mesmas a diferenças de atrito entre as partículas da areia quando submetidas a fluxo. Como se pode observar na Tabela 4.4 a média encontrada para o cone foi de 52 mm estando este valor dentro da faixa especificada (50 a 65 mm).

A argamassa A6 quando misturada para atingir um espalhamento de 260 mm, se mostrou muito áspera e pouco plástica e inadequada para aplicação em revestimentos, sendo que o teor de ar incorporado é muito baixo (2,7 %). Desta forma procedeu-se o incremento de água até atingir a trabalhabilidade necessária a qual é configurada pelo valor de consistência. No ensaio de cone de 58 mm, todavia, nessa situação o espalhamento medido foi de 324 mm, portanto, fora da especificação original.

Para a média encontrada para esta avaliação foi de 261 mm estando este valor dentro da faixa  $260 \pm 5$  mm, estabelecida pela ABNT NBR 13276:2005.

As argamassas industrializadas usam em sua formulação vários aditivos, sendo um dos principais, os incorporados de ar, necessários para obtenção da plasticidade, dentre vários outros requisitos. Valores excessivos de ar incorporado prejudicam principalmente as propriedades mecânicas das argamassas. Para a avaliação de ar incorporado obteve-se como valor máximo de 17% para a argamassa A5 e mínimo de 7,8 % para argamassa A10. Como o valor resultante de ar depende da formulação de cada argamassa os valores observados devem ser comparados com cautela, pois representam valores individuais de cada argamassa (formulações diferentes).

#### **4.2.2 Propriedades avaliadas conforme critérios da ABNT NBR 13281:2005,**

Como o objetivo do programa experimental é observar as tendências de comportamento das argamassas face aos critérios normativos da norma ABNT NBR 13281:2005, e conforme as rotinas explicitadas no Capítulo 3 da metodologia. Apresentam-se na sequência os resultados da avaliação dos requisitos.

Os resultados foram subdivididos em três grupos, dentro da amplitude de variação dos resultados observados de cada propriedade. O critério para divisão dos grupos procedeu-se da seguinte maneira: subtraíram-se os valores extremos (máximo e mínimo) das amostras e em seguida dividiu-se esse resultado por três (quantidade adotada de grupos); com o valor da divisão, somou-se ao menor valor entre todas as amostras, para encontrar o primeiro grupo com a relação de amostras que o mesmo contem (Grupo I), depois somou-se novamente esse resultado da divisão das amostras com o valor do Grupo I para encontrar o segundo grupo; e, para encontrar o terceiro grupo, seguiu-se o mesmo procedimento.

Assim, o grupo I apresenta o intervalo de menores valores, o grupo II o de valores intermediários, e o grupo III apresenta os valores superiores. Optou-se pela divisão em grupos e não somente pela classificação da NBR 13281, pelo fato das análises dos grupos se restringirem na amplitude dos valores observados na amostra de estudo, o que muitas vezes é diferente das classes de norma.

A seguir serão apresentadas as propriedades conforme normas auxiliares à NBR 13281.

#### 4.2.2.1 Resistência à Compressão

Os resultados médios das avaliações de resistência à compressão estão apresentados no gráfico da Figura 4.5, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes P4, P5 e P6.

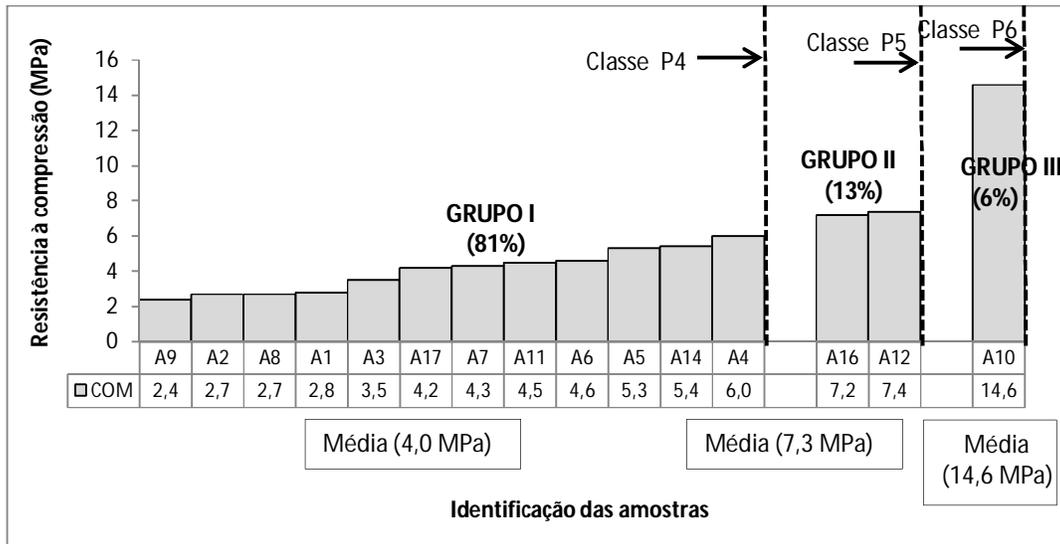


Figura 4.5 - Resultados médios de resistência à compressão

Para resistência à compressão, foram encontrados valores variando entre 2,4 MPa a 14,6 MPa. Observa-se que o GRUPO I, cuja faixa variou entre 2,4 até 6,0 MPa, apresenta a quantidade maior de amostras (81%) seguido do GRUPO II com variação de faixa entre 7,2 até 7,4 MPa (13%) e GRUPO III 14,6 MPa (6%). Com relação à média dos valores de resistência foram encontrados valores de 4,0 MPa (GRUPO I), 7,3 MPa (GRUPO II) e 14,6 MPa (GRUPO III). Pela classificação da ABNT NBR 13281:2005, estas argamassas estariam classificadas como P3, P5 e P6.

#### 4.2.2.2 Resistência à tração na flexão

Os resultados médios das avaliações de resistência à tração na flexão estão apresentados no gráfico da Figura 4.6, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes R3, R4 e R6.

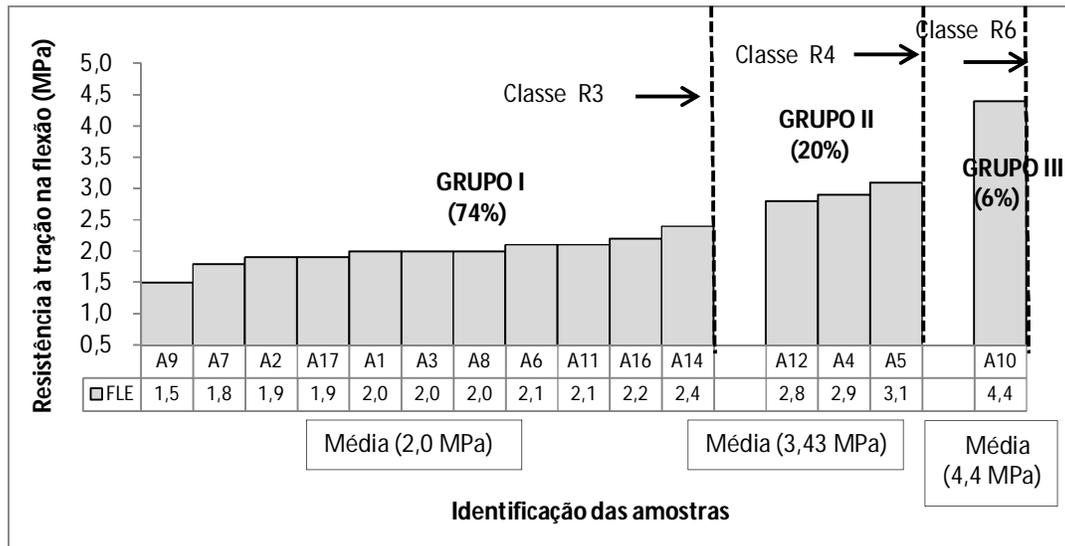


Figura 4.6 - Resultados médios de resistência à tração na flexão

Para os resultados de resistência à tração na flexão, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 1,5 MPa (para argamassa A9) a 4,4 MPa (para argamassa A10). Observa-se que o GRUPO I apresenta a quantidade maior de amostras com 74% (faixa de 1,5 até 2,4 MPa) seguidos do grupo e GRUPO II com 20% (faixa de 2,8 até 3,1 MPa) e o GRUPO III com 6% (4,4 MPa). Com relação à média dos valores de resistência para cada grupo, foram encontrados valores de 2,0 MPa (GRUPO I); 2,4 MPa (GRUPO II) e 4,4 MPa (GRUPO III). Pela classificação da ABNT NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas como R3, R4 e R6.

#### 4.2.2.3 Resistência potencial de aderência à tração.

Os resultados médios das avaliações de resistência potencial de aderência à tração estão apresentados no gráfico da Figura 4.7, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes A2 e A3.

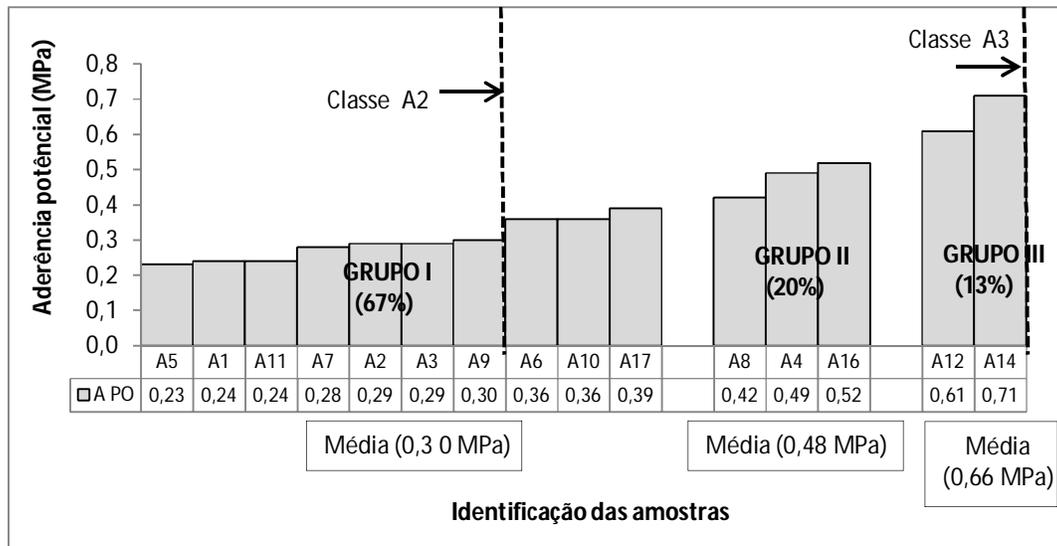


Figura 4.7 - Resultados médios de resistência potencial de aderência à tração

Para os resultados de resistência potencial de aderência à tração, foram encontrados valores, os quais variaram de 0,23 MPa (argamassa A5) a 0,71 MPa (para argamassa A14). Observa-se que o GRUPO I com faixa de 0,23 até 0,39 MPa, possui a maioria das amostras (67%), seguido do GRUPO II com faixa de 0,42 até 0,52 com, 20% e o GRUPO III com faixa de 0,61 até 0,71 com 13%. Com relação à média dos valores de aderência potencial para cada grupo, foram encontrados 0,30 MPa (GRUPO I), 0,48 MPa (GRUPO II) e 0,66 MPa (GRUPO III). Pela classificação da ABNT NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas como A2, e A3 para cada grupo respectivamente.

#### 4.2.2.4 Coeficiente de capilaridade

Os resultados médios das avaliações de coeficiente de capilaridade estão apresentados no gráfico da Figura 4.8, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes C2, C4, C5 e C6.

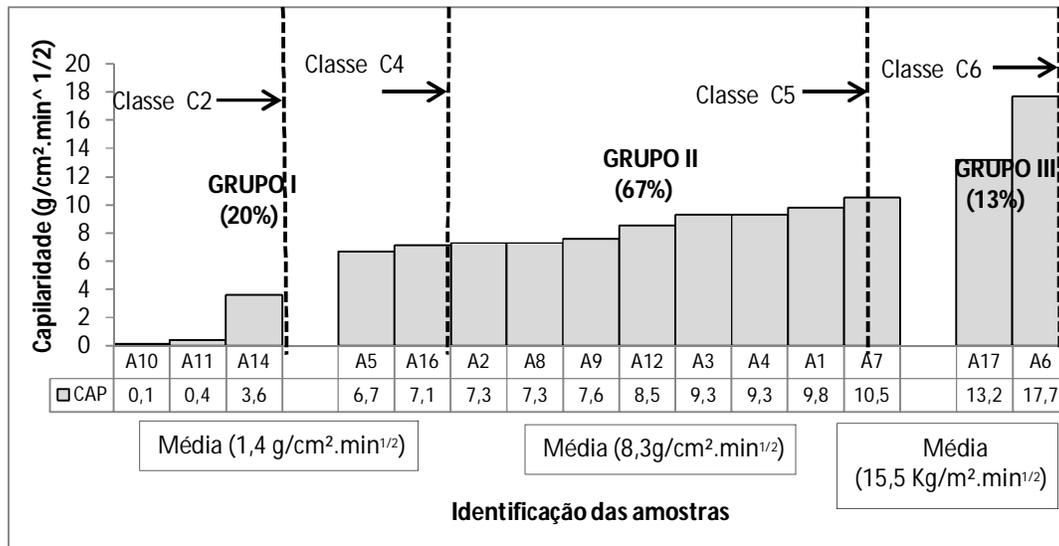


Figura 4.8 - Resultados médios de coeficiente de capilaridade

Para das avaliações de coeficiente de capilaridade, foram encontrados diversos valores, estando eles variando entre 0,1 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> (amostra A1) a 17,7 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> ( amostra A6). Observa-se que no GRUPO I, com sua faixa variando de 0,1 até 3,6 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>, estão contidas 20% das amostras, no GRUPO II com faixa de 6,7 até 10,5 (67%) e o GRUPO III com faixa de 13,2 até 17,7 (13%). Com relação à média dos valores de capilaridade foram encontrados valores de 1,4; 8,3 e 15,5 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> para os GRUPOS I, II e III respectivamente. Pela classificação da ABNT NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas como C2, C5 e C6.

#### 4.2.2.5 Densidade de massa no estado endurecido

Os resultados médios das avaliações de densidade de massa no estado endurecido estão apresentados no gráfico da Figura 4.9, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes M4, M5 e M6.

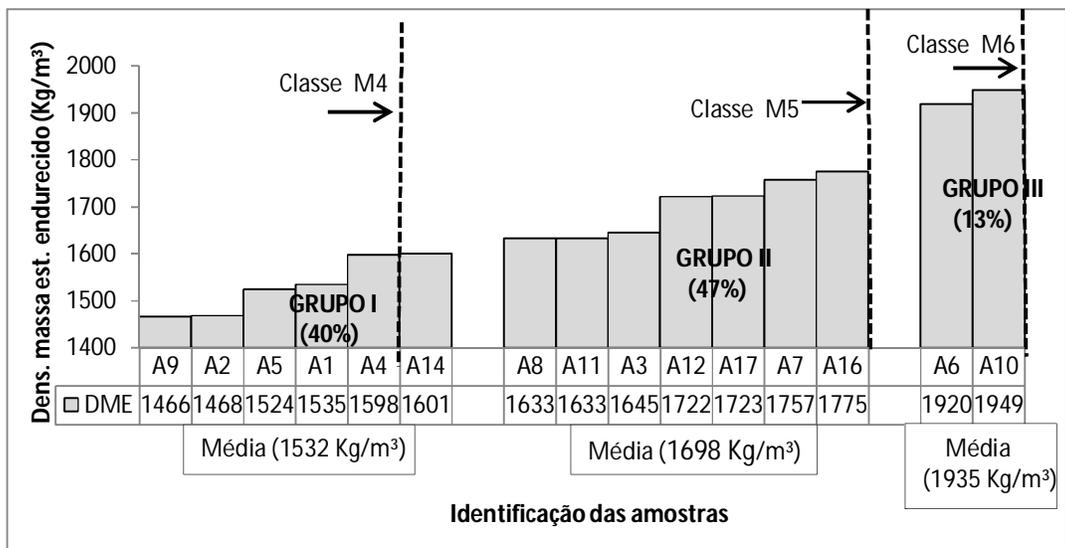


Figura 4.9 - Resultados médios de densidade de massa no estado endurecido

Para os resultados de densidade de massa no estado endurecido, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 1466 kg/m<sup>3</sup> (para argamassa A9) a 1949 kg/m<sup>3</sup> (para argamassa A10). Observa-se que o GRUPO I possui uma faixa de valores de 1466 até 1601 Kg/m<sup>3</sup>, estando neste grupo 40% das amostras, o GRUPO II com faixa de 1633 até 1775 Kg/m<sup>3</sup> apresenta a maior parte com 47% destas amostras e o GRUPO III com faixa de 1920 até 1949 com 13%. Com relação à média dos valores de densidade de massa no estado endurecido para cada grupo, foram encontrados 1532 Kg/m<sup>3</sup> (GRUPO I), 1698 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO II) e 1935 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO III). Pela classificação da ABNT NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas como M4, M5 e M6.

#### 4.2.2.6 Densidade de massa no estado fresco

Os resultados médios das avaliações de densidade de massa no estado fresco estão apresentados no gráfico da Figura 4.10, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes D3, D4 e D5.

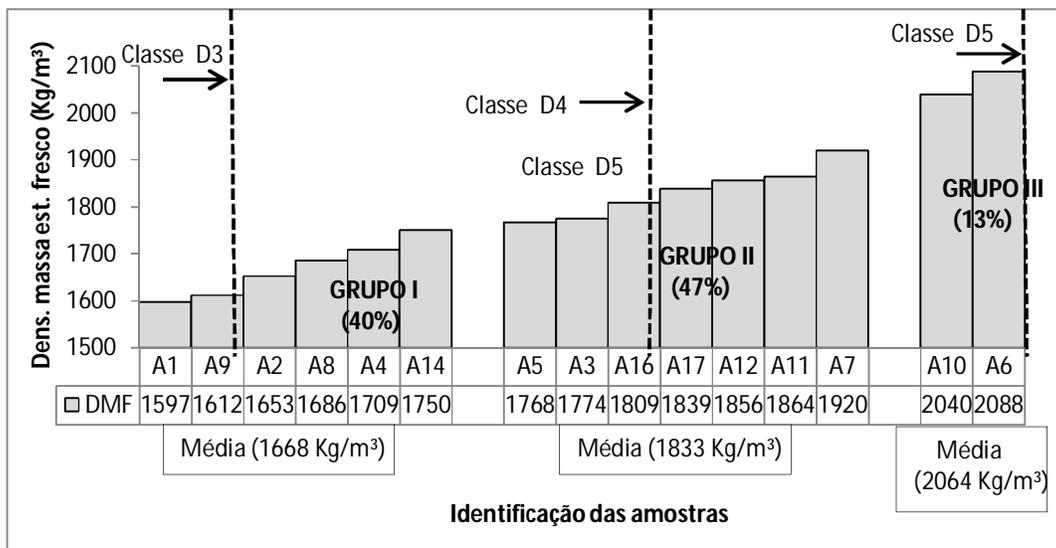


Figura 4.10 - Resultados médios de densidade de massa no estado fresco

Nos resultados de densidade de massa no estado fresco, foram encontrados diversos valores, sendo o mínimo 1597 kg/m<sup>3</sup> e o máximo de 2088 kg/m. Observa-se que o GRUPO I possui uma faixa de valores de 1597 até 1750 kg/m<sup>3</sup>, estando neles 40% das amostras, o GRUPO II possui uma faixa de valores de 1768 até 1920 kg/m<sup>3</sup> com 47% das amostras e o GRUPO III uma faixa de valores de 2040 até 2088 kg/m<sup>3</sup> com 13%. Com relação à média dos valores de resistência para cada grupo, foram encontrados valores de 1668 Kg/m<sup>3</sup> (GRUPO I), 1833 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO II) e 2064 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO III). Quanto à classificação da ABNT NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas como D4, D5 e D6.

#### 4.2.2.7 Retenção de Água

Os resultados médios das avaliações de retenção de água estão apresentados no gráfico da Figura 4.11, os quais estão divididos em três grupos (I, II e III). Também estão definidos os limites superiores das classes U2, U3 e U4.

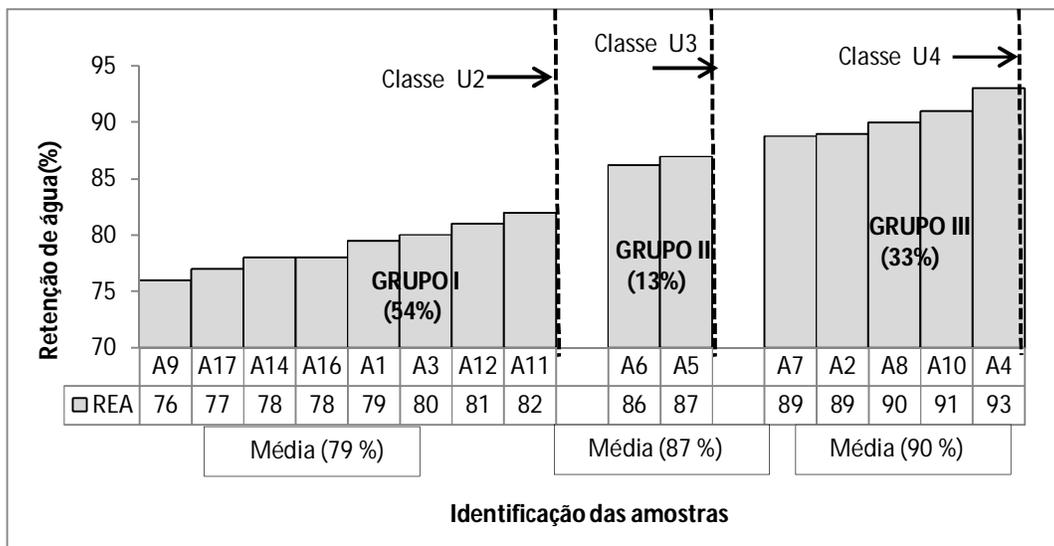


Figura 4.11 - Resultados médios de retenção água

Para os resultados de retenção de água, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 76% (valor mínimo para argamassa A9) a 93% (valor máximo para argamassa A4). Observa-se que o GRUPO I possui uma faixa de 76 até 82%, apresentando a maior quantidade de amostras (54%) enquanto o GRUPO II com faixa de 86 até 87% possui a menor quantidade de amostras (13%) e por fim o GRUPO III com faixa de 89 até 93% (13%). Com relação à média dos valores de retenção de água para cada grupo, foram encontrados valores de 79% (GRUPO I), 87% (GRUPO II) e 90% (GRUPO III). Pela classificação da NBR 13281: 2005. Estas argamassas estariam classificadas como U2, U3 e U4.

### 4.3 PROPRIEDADES ANALISADAS QUANTO AS AVALIAÇÕES TECNOLÓGICAS

Quando se parte para avaliação das argamassas similares às confeccionadas em campo, vários fatores diferenciam essas argamassas. Em relação às avaliações de laboratório (Requisitos), ao se empregar o misturador específico para confecção das argamassas (misturador de eixo horizontal), vários aspectos afetam sua produção. A massa de argamassa produzida por batelada situou-se em torno de 35 Kg. O processo de mistura possui uma velocidade bem menor (em relação ao misturador de REQUISIOS), fazendo-se com que o tempo de mistura seja maior. Geralmente o teor de ar incorporado, tende a ser menor em função da menor energia de mistura.

Tanto para atender os aspectos de homogeneidade de mistura, como as exigências de trabalhabilidade, em muitos casos a demanda de água é majorada. Como nos interessa neste estudo avaliar estas influências e compara-las, buscou-se representar esta situação contemplando as diferenças na metodologia desenvolvida.

Inicialmente, para cada amostra, foi determinada a quantidade de água necessária para obtenção da medida pré-estabelecida de cone (50 a 65 mm), a partir da faixa inferior de água recomendada pelo fabricante. Na sequência analisaram-se as propriedades específicas das argamassas conforme prescreve a ABNT NBR 13281:2005; Depois se fez a caracterização das amostras no estado endurecido. Fez-se também uma avaliação de susceptibilidade a fissuração, análise de reologia, comparação entre as propriedades dos Requisitos e Tecnológicos, Índice de Relação Tecnológico Requisitos (IRTR).

#### **4.3.1 Caracterização das amostras no estado fresco quanto aos ensaios complementares.**

Para cada amostra foi determinado, assim como realizado na seção 4.3, a quantidade de água necessária para obtenção da faixa de penetração do cone. Em seguida foi feita a caracterização das argamassas seguindo alguns critérios como: a água recomendada pelo fabricante, a água utilizada para dosagem da argamassa para obter-se a medida de cone, após, foi feita a diferença entre elas

A Tabela 4.5 traz em sequência a faixa de água de dosagem recomendada pelo fabricante (nas embalagens), a água de dosagem utilizada na confecção de cada argamassa (água necessária para encontrar faixa de cone de 50 a 65 mm conforme recomendação Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM (UnB)) e os valores mínimo, máximo e médio para cada descrição.

Tabela 4.5 - Teor de água necessária para penetração de cone

Amostra	valores de água recomendada pelo fabricante na embalagem (%)	Água para penetração do cone (%)	Valores fora da faixa (%)
A1	15,6 a 16,2 (média = 15,9)	14,0	-1,6
A2	15,6 a 16,2 (média = 15,9)	16,0	0
A3	16,0 a 18,0 (média = 17,0)	16,0	0
A4	16,0 a 18,0 (média = 17,0)	16,0	0
A5	19,0	19,0	0
A6	18,4	22,0	+3,6
A7	14,0 a 18,0 (média = 16,0)	16,0	0
A8	16,4 a 17,2 (média = 16,8)	15,0	-1,4
A9	16,4 a 17,2 (média = 16,8)	15,0	-1,4
A10	15,2 a 16,8 (média = 16,0)	17,0	+0,2
A11	12,6	19,0	+6,4
A12	15,2 a 16,8 (média = 16,0)	18,0	+1,2
A14	13 a 16 (média = 14,5)	14,0	0
A16	14 a 16 (média = 15,0)	16,0	0
A17	15 a 16 (média = 15,5)	15,0	0

O gráfico da Figura 4.12 a seguir, ilustra a faixa de valores de água recomendada pelos fabricantes e a água utilizada para dosagem da argamassa para alcançar os valores pré-estabelecidos de cone.

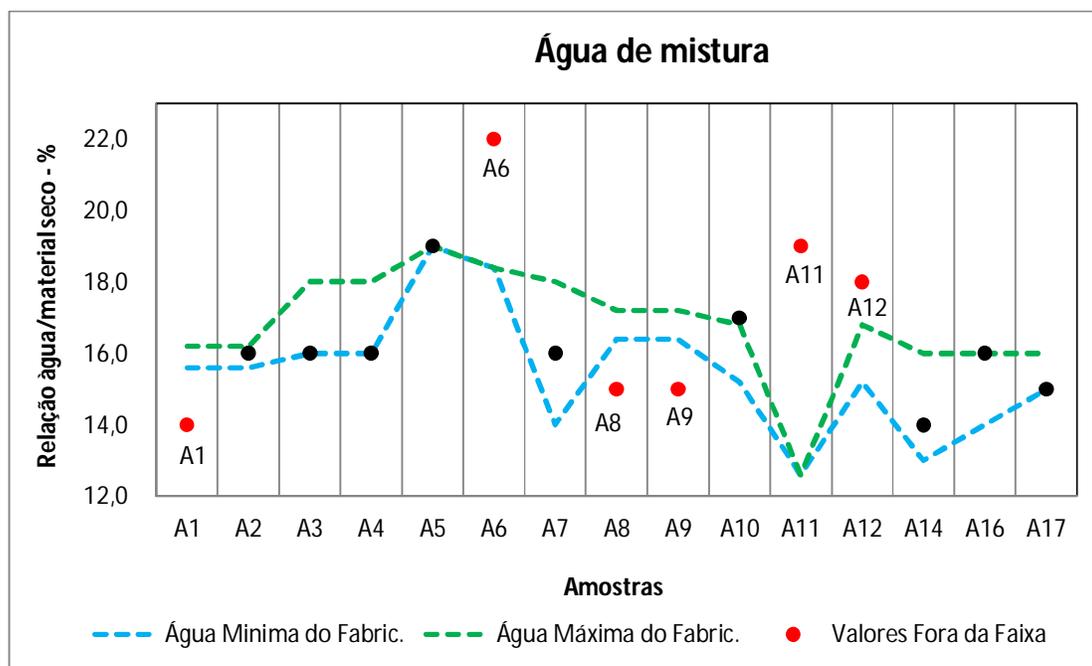


Figura 4.12- Valores de água recomendada pelos fabricantes para mistura e água encontrada na mistura para espalhamento

De uma forma geral os valores de água recomendados pelos fabricantes não foram tão diferentes dos encontrados durante os ensaios. As exceções foram às amostras A1, A6, A8, A9, A11 e A12 com valores de -1,6; +3,6; -1,4; -1,4; +6,4 e +1,2% respectivamente. Destas argamassas se observa que apenas duas tiveram seus valores discrepantes (A6 e A11), assim como nas avaliações de Requisitos. Como possível explicação para estas duas argamassas tem-se o fato do módulo de finura ser baixo (0,89 para a A6 e 1,29 para a A11) refletindo no maior consumo de água. Quanto as variáveis, teor de finos passante na peneira de malha 0,075mm (Tabela 4.1) e a curva granulométrica já foram discutidas na seção 4.1 dos Requisitos, pois são iguais as mesmas amostras.

Diferentemente do esperado, os teores de água para produção da argamassa, não extrapolaram a faixa recomendada pelos fabricantes na maioria dos casos. Isso possivelmente ocorreu em função dos cuidados tomados para produção (mistura) das amostras estudadas.

Encontrado a água no processo de mistura da argamassa para o cone, foram realizados as seguintes avaliações (ensaios especiais): cone (já comentado), mesa de consistência, teor de ar incorporado e tensão de escoamento.

A Tabela 4.6 traz algumas propriedades das argamassas com seus respectivos resultados onde estarão apresentados na seguinte ordem: ensaio de penetração de cone, relação água/material seco, teor de ar incorporado e tensão de escoamento. Também o gráfico da

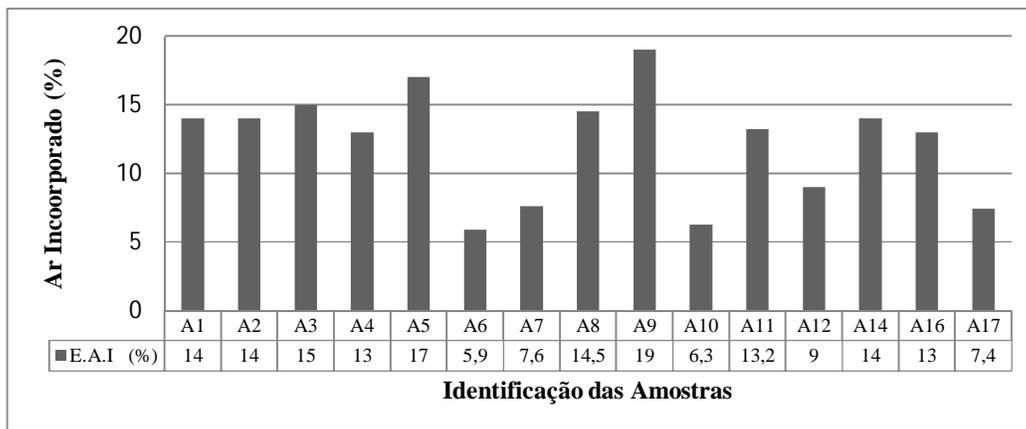


Figura 4.13seguir, ilustra os comportamentos da propriedade de ar incorporado.

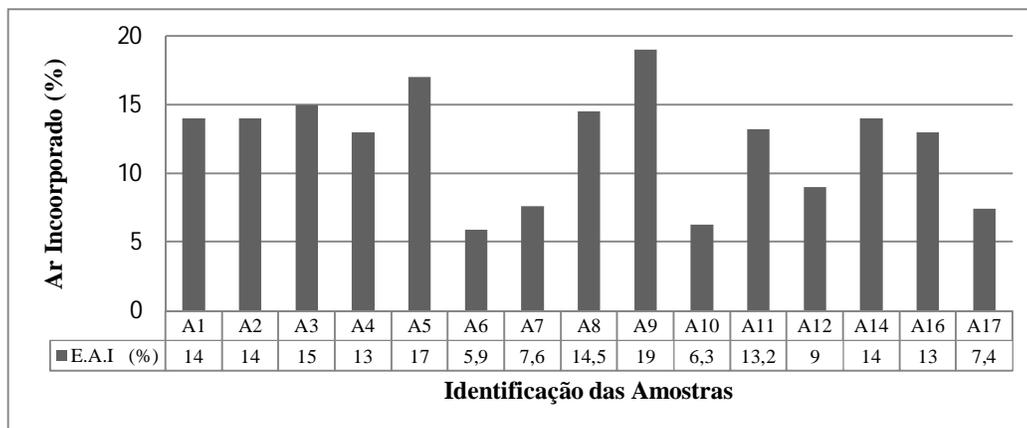


Figura 4.13 Resultados dos ensaios de ar incorporado (E.A.I).

Tabela 4.6- Propriedades das argamassas em condições de campo (ensaios complementares).

Amostra	Cone (mm)	Água/Material (%)	Espalhamento (mm)	Ar (%)
A1	52,0	14,0	221,0	14,0
A2	60,0	16,0	254,0	14,0
A3	52,0	16,0	264,0	15,0
A4	56,0	16,0	264,0	13,0
A5	53,0	19,0	256,0	17,0
A6	58,0	22,0	296,0	5,9
A7	53,0	16,0	259,0	7,6
A8	62,0	15,0	257,0	14,5
A9	61,0	15,0	255,0	19,0
A10	56,0	17,0	288,0	6,3
A11	55,0	19,0	274,0	13,2
A12	62,0	18,0	295,0	9,0
A14	66,0	14,0	271,0	14,0
A16	54,0	16,0	287,0	13,0
A17	54,0	15,0	292,0	7,4
<b>Média</b>	<b>57,0</b>	<b>17,0</b>	<b>269,0</b>	<b>12,2</b>
<b>Máximo</b>	<b>66,0</b>	<b>22,0</b>	<b>296,0</b>	<b>19,0</b>
<b>Mínimo</b>	<b>52,0</b>	<b>14,0</b>	<b>221,0</b>	<b>5,9</b>

Para os resultados dos ensaios de penetração de cone, obtiveram-se os valores de 66 mm (máximo) e 52 mm (mínimo). Como se pode observar na Tabela 4.6, a média encontrada para este ensaio foi de 57 mm que esta dentro de uma faixa usual (50 a 65 mm), adotada

pelo. Laboratório de ensaio de Materiais – LEM (UnB) e pesquisas de Cascudo e Carasek (2006).

Nas avaliações de espalhamento obteve-se o valor máximo de 296 mm e mínimo de 221 mm. A média encontrada foi de 269 mm. Observando-se os valores de espalhamento e penetração de cone, identifica-se que a amostra A1 teve o menor espalhamento. (221 mm) com cone de 52 mm. Os maiores valores de espalhamento foram para argamassa A6 com 296 mm e cone de 58 mm. Observa-se também que as argamassas, A12 e A17, apresentaram valores de espalhamento superior de 290 mm e cone 62 e 54 mm respectivamente. Observa-se ainda que a relação de espalhamento. e cone, não é direta, como se observar, por exemplo, nas amostras A2 com cone de 60mm e espalhamento de 254 mm e A17 com cone de 54mm e espalhamento de 292 mm, comprovando-se com isso, suas diferenças em função de seus materiais, formulações e comportamento reológico.

É importante reforçar assim como feito nas avaliações de Requisitos, que as argamassas industrializadas usam em sua composição diversos aditivos, sendo um dos principais, os incorporados de ar, que proporcionam a obtenção da plasticidade, dentre vários outros requisitos. Cabe destacar também que valores excessivos de ar incorporado prejudicam principalmente as propriedades mecânicas das argamassas. Para as avaliações de ar incorporado obteve-se um valor máximo de 19,0% para argamassa A9 e mínimo de 5,9% para argamassa A6. A média encontrada para esta avaliação foi de 12,2%. Nestas avaliações, observou-se que estes valores influenciaram a princípio, na trabalhabilidade de cada argamassa, e quanto aos valores extremos, tem-se como provável justificativa as formulações de cada uma visto que se trata de produtos desenvolvidos com formulações distintas (cimento, areias, aditivos), podendo uma argamassa ser trabalhável com um teor de ar incorporado menor, como por exemplo, a argamassa A6 com um cone de 58 mm.

#### **4.3.2 Ensaio de reologia**

A Tabela 4.7, traz as propriedades dos ensaios de reologia com seus respectivos resultados. Eles estão apresentados na seguinte ordem: Ensaio Viscosidade (Reômetro), Tensão de Escoamento (Reômetro), Deformação (Reômetro) e Tensão de Escoamento (Vane Test) que foi utilizado como base para os ensaios supracitados.

Tabela 4.7 - Valores com os ensaios de viscosidade e tensão de escoamento

Amostra	Viscosidade (cP)	Tensão Esc. (Pa)	Deformação (rad)	Tensão de Escoamento - Vane (KPa) - ( $10^{-1}$ )
A1	8326,00	584,20	0,56	2,10
A2	6668,00	680,74	0,37	1,80
A3	6081,00	507,00	0,35	1,60
A4	5736,00	771,16	0,19	1,80
A5	4041,00	412,88	0,37	1,70
A7	-	-	-	1,20
A8	9158,00	631,53	0,43	1,60
A9	7829,00	557,60	0,38	3,30
A10	-	-	-	1,90
A11	6465,00	781,12	0,48	1,60
A12	2741,00	524,64	0,12	-
A14	7057,00	536,48	0,31	1,40
A16	2354,00	462,08	0,12	1,90
A16	2404,00	468,32	0,13	1,60
A17	2565,00	600,80	0,15	1,60
<b>Média</b>	<b>5494,0</b>	<b>578,35</b>	<b>0,30</b>	<b>1,80</b>
<b>Mínimo</b>	<b>2354,0</b>	<b>412,88</b>	<b>0,12</b>	<b>1,20</b>
<b>Máximo</b>	<b>9158,0</b>	<b>781,12</b>	<b>0,55</b>	<b>3,30</b>

As avaliações serão feitas de modo empírico, quanto ao seu manuseio, levando-se em consideração as respostas colhidas durante a avaliação das argamassas.

Como se pode observar no ensaio de viscosidade, foram encontrados valores variando de 2354 cP (mínimo) a 9158 cP (máximo). A média encontrada para estes valores foi de 5494 cP. A viscosidade com valor de 2354 cP (menor valor), pode ser justificada pelo fato desta argamassa (A16) possuir características ásperas e pouca plasticidade, ou seja, uma argamassa de certa forma, com trabalhabilidade mais baixa. Para o maior valor encontrado argamassa A8, corresponde a uma argamassa formalizada para projeção, ou seja, possui uma formulação com viscosidade maior para atender a esta especificação.

Para o avaliação de tensão e escoamento, obteve-se um valor mínimo de 412,88 Pa para a argamassa A5 e um valor máximo de 781,12 para a argamassa A11. A média encontrada foi de 578,35 Pa.

Como possível justificativa a estes valores, o menor deles corresponde a uma argamassa especificada para revestimentos com alto teor de água de dosagem (19%) e ar incorporado (17%), sendo que esta argamassa apresentou-se com boa trabalhabilidade e boa consistência.

Para as avaliações de tensão de escoamento pelo método do Vane Test, obteve-se o valor máximo de tensão de cisalhamento de 0,33 kPa para a argamassa A8 e um valor mínimo de 0,12 KPa para a argamassa A6. Observa-se também que a média dos valores foi de 0,18 KPa. Os valores de tensão de escoamento encontrados para as argamassas industrializadas foram menores comparando-se com os valores encontrados por Sousa (2005), que em seus estudos, onde avaliou argamassas mistas encontrou valores entre 0,60 e 1,20 kPa. Do Ó (2004), avaliou argamassas confeccionadas de cimento, areia e aditivos, encontrando valores entre 0,32 a 1,38 KPa. Percebe-se certa diferença entre os valores encontrados de tensão de escoamento, provavelmente, em função da formulação das argamassas, visto que as argamassas dos autores citados foram formuladas e confeccionadas em laboratório e as argamassas do objeto deste estudo foram formalizadas na indústria.

Em resumo, para estes parâmetros, verifica-se que estes métodos de avaliações podem produzir respostas significativas, quanto a uma análise, a princípio, de forma empírica, para o emprego de argamassas em condições diversas de aplicação. Como, por exemplo, no futuro pode-se utilizar estas avaliações como parâmetro ou como prescrições, associados a outros critérios, para estas aplicações.

#### **4.4 PROPRIEDADES ESPECIFICADAS CONFORME ABNT NBR 13281.**

O tratamento das informações (divisões dos grupos), será abordada conforme os mesmos procedimentos realizados para os Requisitos.

Para classificação das argamassas foram realizados os ensaios conforme NBR 13281:2005 através de suas normas auxiliares.

A seguir serão apresentadas as propriedades conforme normas auxiliares.

#### 4.4.1 Resistência à Compressão

Os resultados médios dos ensaios de resistência à compressão estão apresentados no gráfico da Figura 4.14 os quais estão divididos em três grupos.

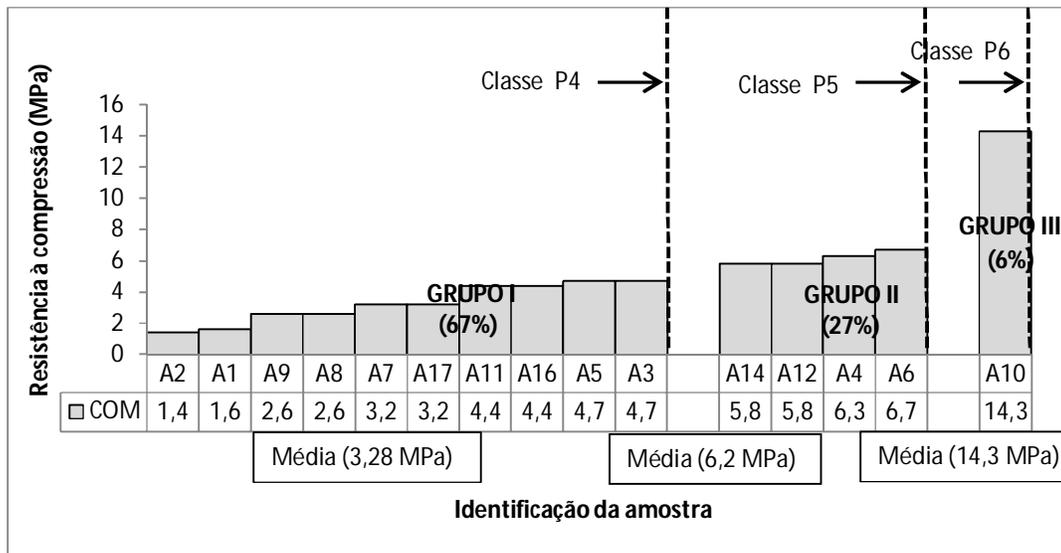


Figura 4.14 - Resultados médios de resistência à compressão

Para resistência à compressão, foram encontrados valores variando entre 1,4 MPa a 14,3 MPa. Observa-se que o GRUPO I, cuja faixa variou entre 1,4 até 4,7 MPa apresenta a quantidade maior de amostras com 67% seguido do GRUPO com variação de faixa entre 5,8 até 6,7 MPa II (27%) e GRUPO III 14,3 MPa (6%). Com relação à média dos valores de resistência foram encontrados valores de 3,28 MPa (GRUPO I), 6,2 MPa (GRUPO II) e 14,3 MPa (GRUPO III). Pela classificação da NBR 13281: 2005 estas argamassas estariam classificadas nos como P3, P5 e P6.

#### 4.4.2 Resistência à Tração na Flexão

Os resultados médios dos ensaios de resistência à tração na flexão estão demonstrados, conforme gráfico da Figura 4.15, a seguir.

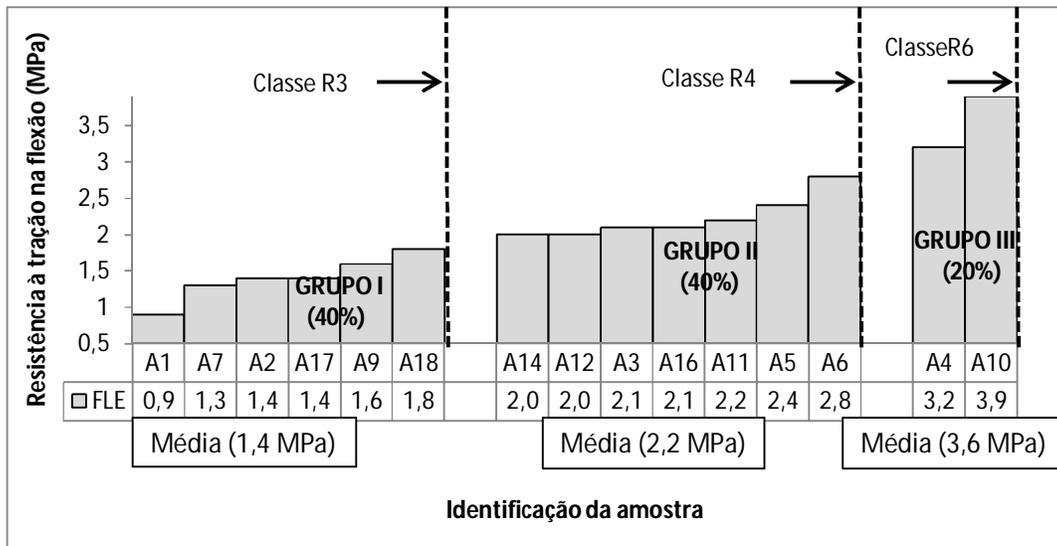


Figura 4.15 - Resultados médios de resistência à tração na flexão

Para os resultados de resistência à tração na flexão, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 0,9 MPa (para argamassa A1) a 3,9 MPa (para argamassa A10). Observa-se que o GRUPO I (com faixa de 0,9 até 1,8 MPa) e GRUPO II (com faixa de 2,0 até 2,8 MPa) apresentam a quantidade maior de amostras 40% (cada) e o GRUPO III (faixa de 3,2 até 3,9 MPa) com 20%. Com relação a média dos valores de resistência para cada grupo, foram encontrados valores de 1,4 MPa (GRUPO I), 2,2 MPa (GRUPO II) e 3,6 MPa (GRUPO III). Pela classificação da norma NBR 13281: 2005, estas argamassas estariam classificadas nos como R3, R4 e R6.

#### 4.4.3 Resistência Potencial de Aderência à Tração.

Os resultados médios dos ensaios de resistência potencial de aderência à tração estão divididos em três grupos. O gráfico da Figura 4.16 apresenta-os a seguir.

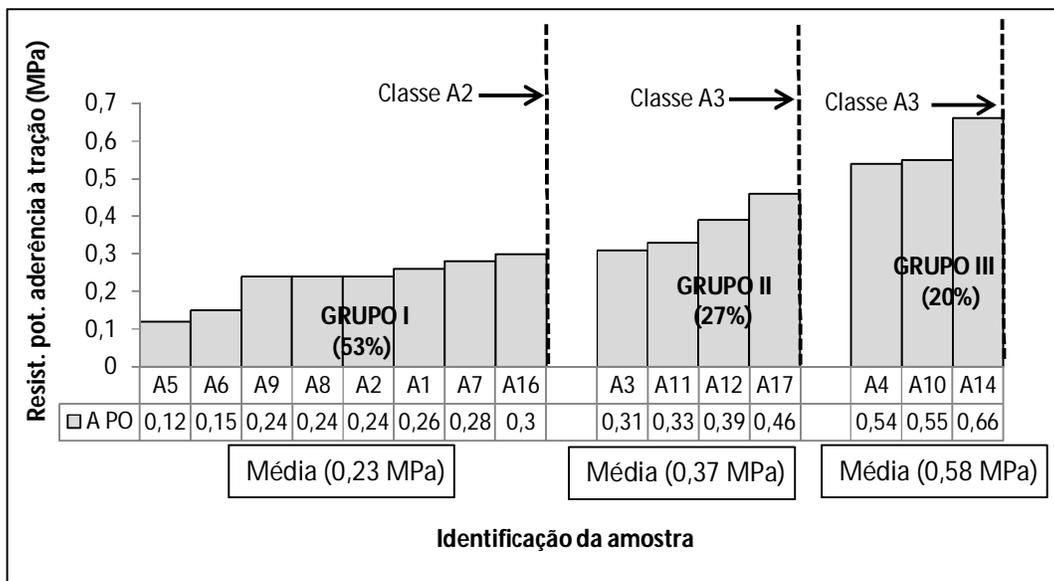


Figura 4.16 - Resultados médios de resistência potencial de aderência à tração

Para os resultados de resistência potencial de aderência à tração, foram encontrados valores, os quais variaram de 0,12 MPa (para argamassa A5) a 0,66 MPa (para argamassa A14). Observa-se que o GRUPO I com faixa de 0,12 até 0,30 MPa, possui a maioria das amostras (53%), seguido do GRUPO II com faixa de 0,31 até 0,46, com 27% e o GRUPO III com faixa de 0,54 até 0,71 com 20%. Com relação à média dos valores de aderência potencial para cada grupo, foram encontrados 0,23MPa (GRUPO I), 0,37 MPa (GRUPO II) e 0,58 MPa (GRUPO III). Pela classificação da NBR 13281: 2005 estas argamassas estariam classificadas nos como A2, A3 e A3 para cada grupo respectivamente.

#### 4.4.4 Coeficiente de Capilaridade

Os resultados médios dos ensaios de coeficiente de capilaridade estão apresentados no gráfico da Figura 4.17 estando eles divididos em três grupos.

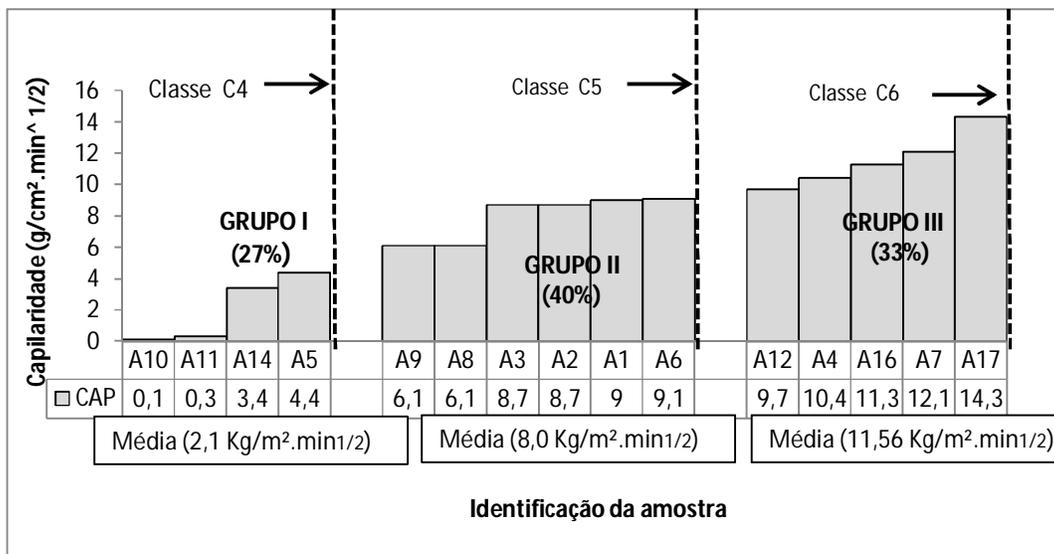


Figura 4.17 - Resultados médios de coeficiente de capilaridade

Para os ensaios de coeficiente de capilaridade, foram encontrados diversos valores, estando eles variando entre 0,1 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> (mínimo) a 14,3 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> (máximo). Observa-se que no GRUPO I com sua faixa variando de 0,1 até 4,4 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> estão contidas 27% das amostras, no GRUPO II com faixa de 6,1 até 9,1 (40%) e o GRUPO III com faixa de 9,7 até 14,3 (33%). Com relação a média dos valores de capilaridade foram encontrados valores de 2,1 – 8,0 e 11,6 g/cm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> para os GRUPOS I, II e III respectivamente. Pela classificação da NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas nos como C1, C5 e C6.

#### 4.4.5 Densidade de Massa no Estado Endurecido

Os resultados médios dos ensaios de densidade de massa no estado endurecido estão demonstrados no gráfico da Figura 4.18.

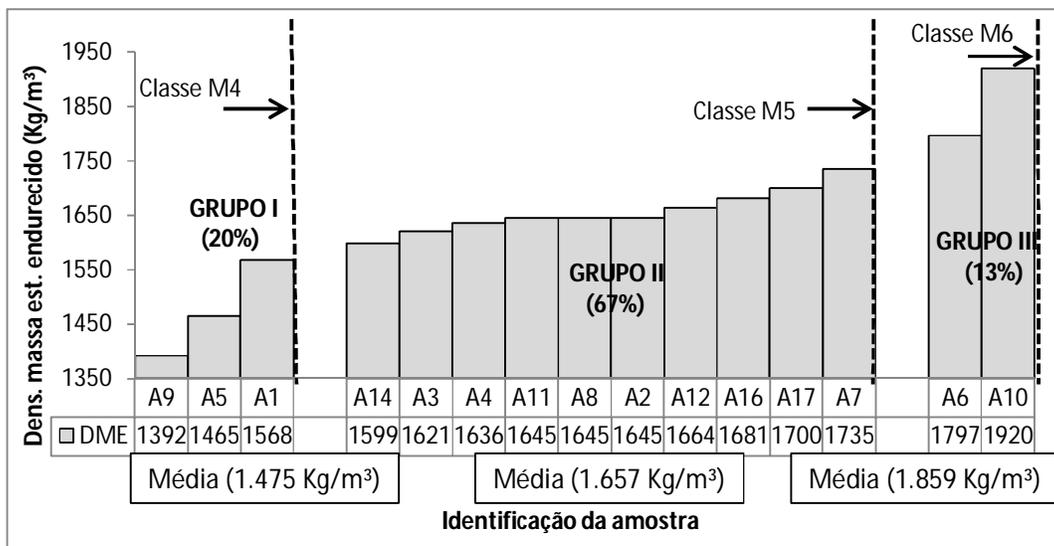


Figura 4.18 - Resultados médios de densidade de massa no estado endurecido

Para os resultados de densidade de massa no estado endurecido, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 1392 kg/m<sup>3</sup> (para argamassa A9) a 1920 kg/m<sup>3</sup> (para argamassa A10). Observa-se que o GRUPO I com sua faixa variando de 1392 até 1601 kg/m<sup>3</sup> possui 20% das amostras, o GRUPO II com faixa de 1599 até 1735 kg/m<sup>3</sup> apresenta a maior parte com 67% e o GRUPO III com faixa de 1797 até 1920 kg/m<sup>3</sup> com 13%. Com relação à média dos valores de densidade de massa para cada grupo, foram encontrados 1475 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO I), 1657 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO II) e 1859 kg/m<sup>3</sup> (GRUPO III). Pela classificação da NBR 13281:2005 estas argamassas estariam classificadas nos como M4, M5 e M6.

#### 4.4.6 Densidade de Massa no Estado Fresco

Os resultados médios dos ensaios de densidade de massa no estado fresco estão divididos em três grupos. O gráfico da Figura 4.19 apresenta-os a seguir.

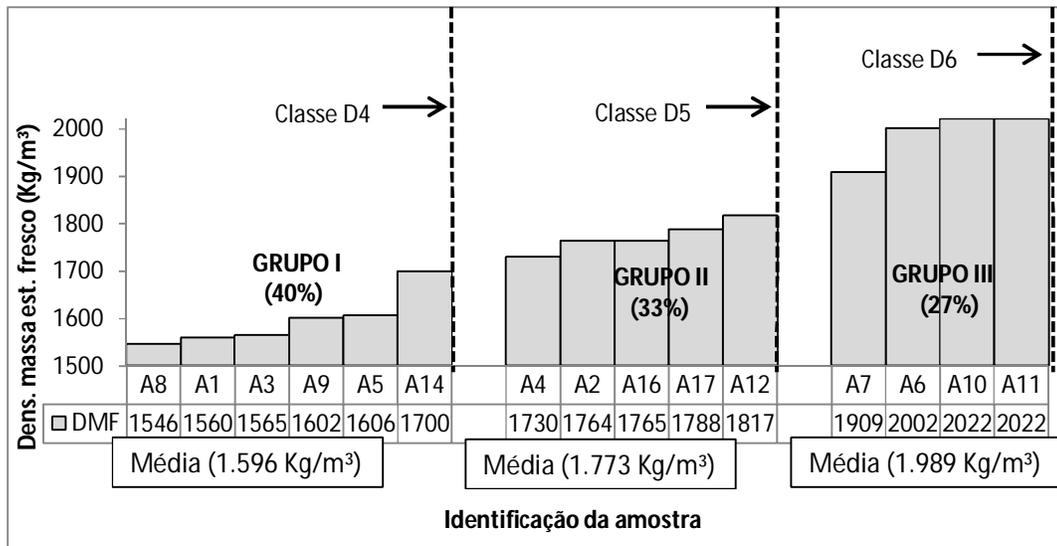


Figura 4.19 - Resultados médios de densidade de massa no estado fresco

Nos resultados de densidade de massa no estado fresco, foram encontrados diversos valores, sendo o menor  $1546 \text{ Kg/m}^3$  e o maior valor  $2022 \text{ Kg/m}^3$ . Observa-se que o GRUPO I com uma faixa de valores variando entre  $1546$  até  $1700 \text{ Kg/m}^3$ , apresenta a quantidade maior de amostras 40% seguido do GRUPO II com uma faixa de  $1730$  até  $1817 \text{ Kg/m}^3$ , com 33% e o GRUPO III com faixa de valores de  $1909$  até  $2022 \text{ Kg/m}^3$ , com 27%. Com relação a média dos valores de resistência para cada grupo, foram encontrados valores de  $1596 \text{ Kg/m}^3$  (GRUPO I),  $1773 \text{ Kg/m}^3$  (GRUPO II) e  $1989 \text{ Kg/m}^3$  (GRUPO III). Quanto à classificação da NBR 13281:2005, estas argamassas estariam classificadas nos como D3, D4 e D5.

#### 4.4.7 Retenção de Água

Os resultados médios dos ensaios de retenção de água estão apresentados no gráfico da Figura 4.20 estando eles divididos em três grupos.

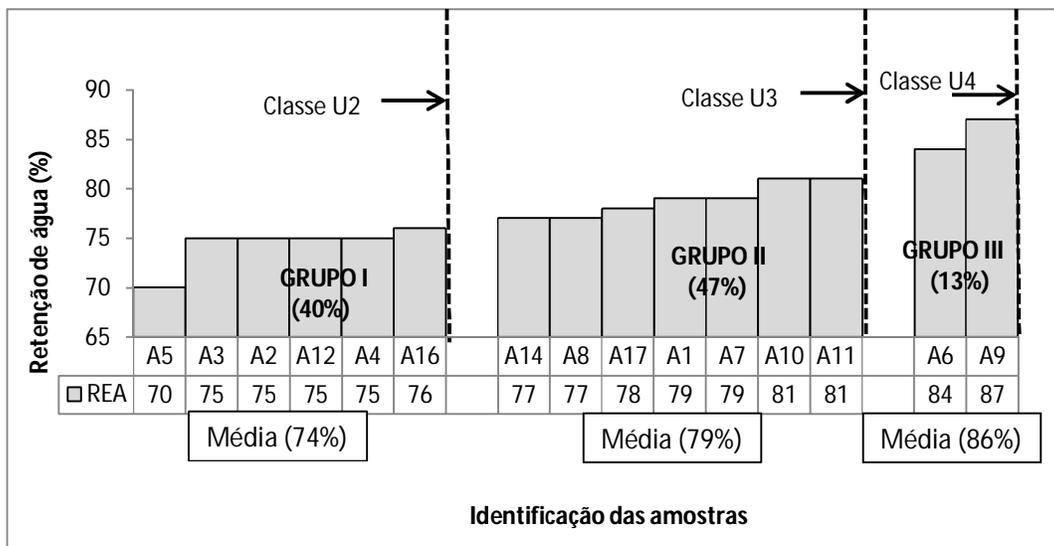


Figura 4.20 - Resultados médios de retenção de água

Para os resultados de retenção de água, foram encontrados diversos valores, os quais variaram de 70% (para argamassa A5) a 87% (para argamassa A9). Observa-se que o GRUPO I possui uma faixa de 70 até 76 % onde apresenta 40% das amostras, o GRUPO II com uma faixa de 77 até 81%, apresenta 47% das amostras (maior quantidade) e o GRUPO III com faixa de 84 até 87%, apresenta 13% (menor quantidade). Com relação à média dos valores de retenção para cada grupo, foram encontrados valores de 74% (GRUPO I), 79% (GRUPO II) e 86% (GRUPO III). Pela classificação da NBR 13281: 2005. Estas argamassas estariam classificadas nos como U2, U3 e U4.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS NO ESTADO ENDURECIDO QUANTO AOS ENSAIOS COMPLEMENTARES (TECNOLÓGICO).

Nesta seção serão apresentados e analisados as propriedades no estado endurecido referentes as avaliações complementares.

A Tabela 4.8 traz algumas propriedades das argamassas com seus respectivos resultados onde estão apresentados na seguinte ordem: ensaio de variação dimensional aos 28 dias (Retração), perda de massa aos 28 dias, ensaio de aderência em blocos cerâmicos aos 28 dias (Aderência blocos) e, a título de avaliação complementar, aderência potencial. Quanto aos resultados das avaliações de retração e perda de massa, são relativos à média das leituras obtidas em três corpos-de-prova de acordo com a NBR 15261:2005.

Tabela 4.8 - Propriedades das argamassas em condições de campo ( ensaios complementares)

Amostra	Retração (mm/m)	Perda de massa (%)	Água de mistura (%)	Aderência blocos (MPa)	Aderência potencial (MPa)	Ar incorporado (%)
A1	0,47	4,83	14,00	0,07	0,26	14,00
A2	0,65	9,33	16,00	0,18	0,24	14,00
A3	0,95	7,15	16,00	0,06	0,31	15,00
A4	0,67	6,21	16,00	0,12	0,54	13,00
A5	1,47	10,39	19,00	0,01	0,12	17,00
A6	0,34	2,45	22,00	0,19	-	5,90
A7	0,37	4,72	16,00	0,01	0,23	7,60
A8	1,00	6,81	15,00	0,19	0,24	14,50
A9	0,83	7,00	15,00	0,15	0,28	19,00
A10	0,36	4,22	17,00	0,13	0,55	6,25
A11	1,30	7,09	19,00	0,27	0,33	13,20
A12	0,93	9,67	18,00	0,04	0,39	9,00
A14	0,59	5,30	14,00	0,25	0,66	14,00
A16	1,52	5,66	16,00	0,07	0,3	13,00
A17	1,66	9,01	15,00	0,02	0,46	7,40
Média	0,87	6,66	16,54	0,12	0,35	12,19
Máximo	1,66	10,39	22,00	0,27	0,66	5,90
Mínimo	0,34	2,45	14,00	0,01	0,12	19,00

. O gráfico da Figura 4.21 apresenta os valores encontrados nas avaliações de retração ordenados do menor para o maior, perda de massa por secagem e teor de água de mistura.

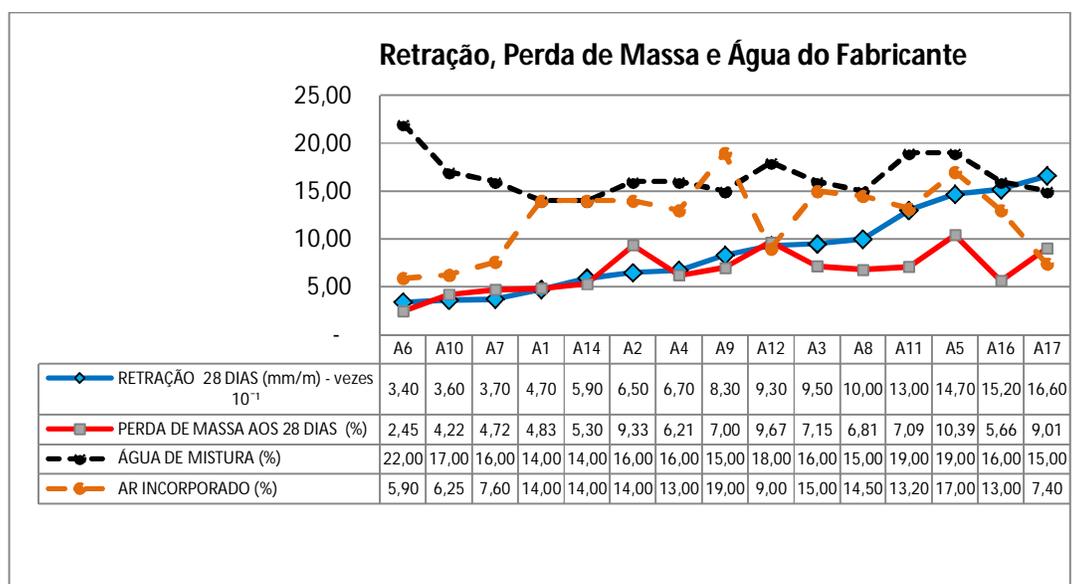


Figura 4.21 - Gráfico com os valores de retração, perda de massa, água de dosagem e ar

Nas avaliações dos resultados de retração obteve-se uma média de 0,87 mm/m com uma perda de massa de 6,66%, aos 28 dias, que sugere uma retração considerável da maioria das argamassas ensaiadas. O valor máximo encontrado foi de 1,66 mm/m com uma perda de massa de 10,39% para argamassa A5 (este alto valor pode estar associado com a capacidade de retenção de água das argamassas avaliadas) e mínimo de 0,34 mm/m com uma perda de massa de 2,45% para a argamassa A6 (valor considerado pequeno comparado com as outras amostras), onde se observa uma pequena retração aos 28 dias, comparado com a maioria das amostras.

Por conceito, sempre se fala que a retração da argamassa ou do concreto, é causada pela perda de água da por evaporação, por consequência é de se esperar que se tenham retrações maiores com perdas de água maiores.

Analisando o gráfico da Figura 4.21 observou-se através dos resultados que não houve, a princípio, uma relação direta entre a retração e a perda de massa, apenas uma tendência inicial para os menores valores (os nove primeiros em ordem crescente) de retração, ou seja, para retrações menores que 0,93 mm/m. Esta tendência de retração teve relação direta com a perda de massa, corroborando com os conceitos clássicos de retração. Todavia para os valores maiores que 0,93 mm/m, houveram comportamentos variáveis não tendo relação direta, a princípio, com as três variáveis avaliadas (perda de massa, água de mistura e ar incorporado). A exceção foi o ar incorporado para valores menores que 0,83 mm/m (oito primeiras amostras), onde observa-se uma certa tendência no comportamento, conforme ilustra a linha do gráfico Figura 4.21. É importante ressaltar que não se pode tirar conclusões precipitadas quanto aos valores destas propriedades, visto a existência de amostras distintas de diferentes fabricantes com formulações diferentes (cimento, areia, aditivos, etc.) Talvez este conceito de retração por perda de água seja plausível para argamassas iguais entre si. Entretanto, para estes altos valores (maiores que 0,93 mm/m) não se pode avaliar a retração simplesmente pela perda de água, visto que as mesmas são constituídas de materiais diferentes e formulações diferentes. Bastos, 2001 não utilizou, em seus estudos, este método de análise da retração livre através de prismas de 25x25x285mm, justificado pelo autor que este método não é eficaz para avaliação da retração. Silva, 2011 em seus estudos utilizou este método onde obteve resultados satisfatórios comparando-se a retração dos prismas com a perda de massa do mesmoNo

caso das avaliações de aderência foram comparados seus resultados com intuito de melhor entender o comportamento desta propriedade entre esses dois substratos.

O gráfico da Figura 4.22 adiante, apresenta os valores de aderência dos blocos cerâmicos e aderência potencial.

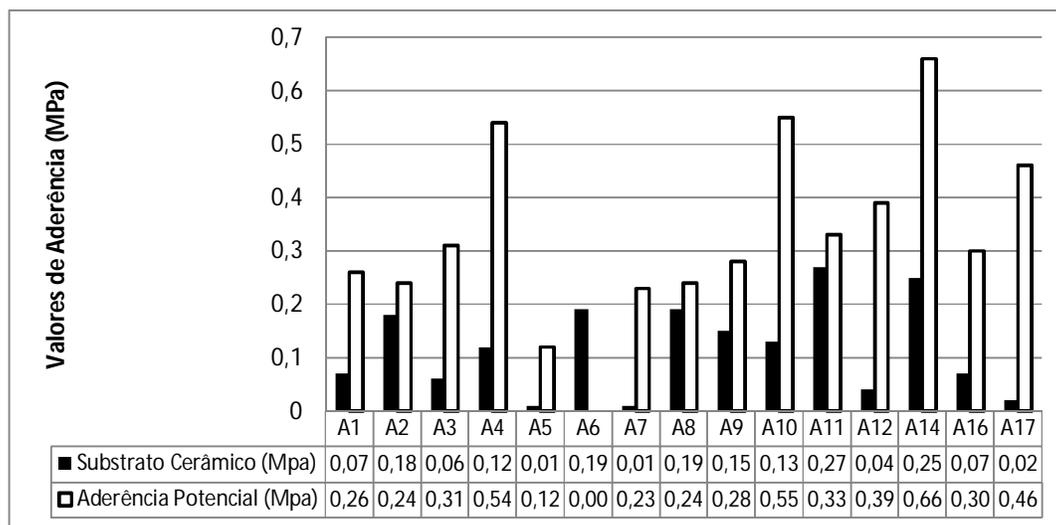


Figura 4.22 - Valores de aderência nos blocos cerâmicos e aderência potencial à tração

Nos ensaios de aderência nos substratos cerâmicos, mostrado anteriormente no gráfico da Figura 4.22 foi encontrado como mínimo, o valor de 0,01 MPa, muito abaixo dos valores de 0,30 MPa especificados pela Norma de aderência (NBR 15258 – aderência potencial e NBR 13749 – Revestimentos de parede e tetos – especificações) e como valor máximo encontrado foi de 0,27 MPa. A média encontrada foi de 0,12 MPa, valor aquém das especificações das Normas vigentes.

Analisando as aderências dos substratos cerâmicos com as dos substratos padrões e relacionando-se ambas as normas supracitadas, chegou-se a valores ainda mais discrepantes, sendo a aderência dos substratos cerâmicos sempre menores que a dos substratos padrões (lembrar que as características de absorção dos blocos cerâmicos são adequadas ao desenvolvimento da aderência). Nota-se que esses valores discrepantes ocorreram para todas as argamassas, sendo que houve casos em que o valor da aderência dos substratos cerâmicos foi 23 vezes mais baixo que a dos substratos padrões, ocorridos nas argamassas A7 e A17. As avaliações de aderência nos substratos cerâmicos foram

feitas conforme prescrições da norma com seleção criteriosa dos blocos, utilização da mesma argamassa para os dois substratos, mesmo processo operacional, inclusive com aplicação por imprimação, e mesmas condições controladas de cura. Portanto, mesmo com o controle de todas estas variáveis, com a utilização de blocos cerâmicos uniformes e atendendo normas, houve valores distintos entre os dois substratos. Estas distorções podem ser justificadas em função desses substratos possuírem características diferentes como estrutura e tamanho dos poros, absorção de água diferenciada, podem ter levado a influenciar nos resultados de aderência nos substratos padrão e dos substratos cerâmicos. Cabe ressaltar que as argamassas A2, A8 e A11 tiveram comportamentos similares ao esperado, ou seja, valores semelhantes aos do substrato padrão.

Ao se analisar diferentes argamassas industrializadas, deve-se ponderar maior ou menor adequabilidade da mesma a um determinado substrato. Essa adequabilidade depende de sua formulação e de comportamentos peculiares, dentre este último o reológico. Assim os valores de aderência observados e discrepantes, em relação ao esperado, servem de alerta ao conjunto de aspectos e propriedades que devem ser considerados na avaliação da aderência.

Quando se analisa a aderência potencial, busca-se que comparativamente, a mesma só varie em função das características e propriedades de cada argamassa, uma vez que o substrato é padronizado. Todavia extrapolar estes valores para condições de campo, com substratos diferentes, pode levar a erros significativos quanto à previsão de comportamento dos revestimentos.

#### **4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O objetivo do programa experimental foi de levantar o perfil das argamassas de revestimento industrializadas na condição de laboratório (Requisitos) e na condição de campo (Tecnólogo). Uma vez levantados estes perfis, se faz necessário discutir as tendências observadas.

#### **4.6.1 Avaliação entre as propriedades dos Ensaios de Laboratório e dos Ensaios de Campo**

O objetivo é verificar em termos das propriedades estudadas as relações encontradas nas amostras quanto as Avaliações de Laboratório (Requisitos) e Avaliações de Campo (Tecnológico), correspondentes às propriedades prescritas pela ABNT NBR 13281:2005, (suas classificações). Também será apresentada a relação entre cada propriedade com intuito de se observar o comportamento individual de cada uma. A relação será dada através da divisão dos valores encontrados nos Requisitos com os Tecnológicos, ao qual serão chamados nesta pesquisa de Índice de Relação Tecnológico Requisitos (IRTR). Onde:  $IRTR = A/B$

A – Propriedade avaliada na metodologia Tecnológica;

B – Propriedade avaliada na metodologia Requisitos.

Os IRTR serão apresentados e discutidos para a faixa de valores menores que um (como critério de escolha e tendo como referência os Requisitos); ou seja, sempre que os valores de IRTR forem menores que um, tem-se um maior desempenho para as avaliações de Requisitos e para valores maiores que um, tem-se um maior desempenho para as avaliações de Tecnológico. Estas duas avaliações são comparadas com os requisitos da norma ABNT NBR 13281:2005. É importante salientar que serão discutidas as relações entre os valores encontrados para cada propriedade das argamassas, e não os quantitativos entre estas propriedades.

Quanto às discussões, será apresentada de uma forma bem sucinta, pois não houve uma relação direta entre os resultados encontrados, ou seja, foram encontrados diversos valores considerados desde baixos até elevados para todas as propriedades avaliadas. Possivelmente possam ter ocorridos em função do sinergismo envolvido no processo, como por exemplo, as particularidades de cada argamassa como seus constituintes (cimento, areias, aditivos).

A apresentação dos resultados será na ordem crescente de valores dos Requisitos como forma de uma melhor organização e visualização dos dados nos gráficos.

Ao longo desta seção serão apresentadas as informações com os resultados dos ensaios das seguintes propriedades: resistência à compressão, resistência à tração na flexão, aderência à tração, capilaridade, densidade de massa no estado endurecido, densidade de massa no estado fresco e retenção de água, realizada para todas as amostras (avaliações de Requisitos, avaliações do Tecnológico). Também serão apresentados os Índices de Relação Tecnológico Requisitos (IRTR).

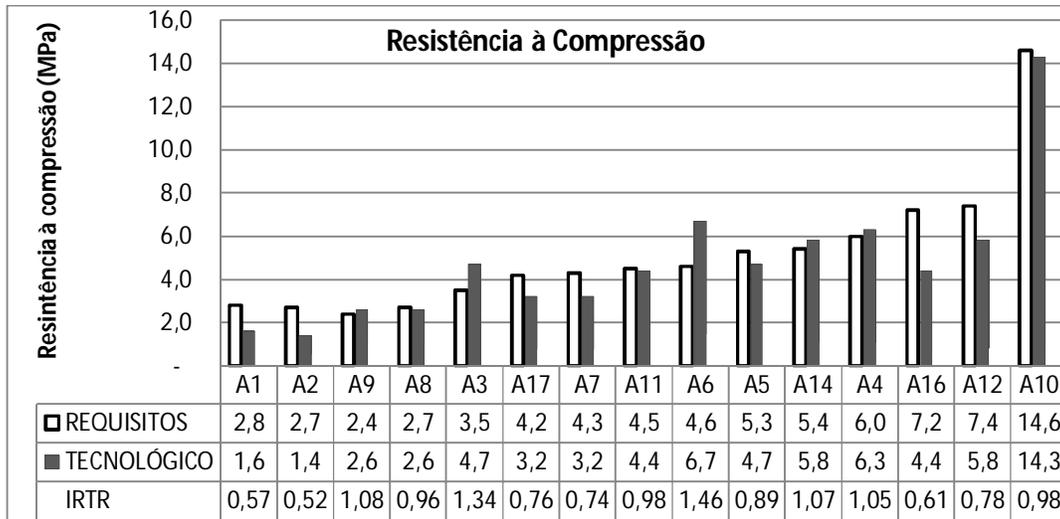


Figura 4.23 - Valores de resistência à compressão para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico (Figura 4.24), observa-se que para a resistência à compressão a maioria dos valores encontrados tem uma tendência de serem maiores para os Requisitos. Observa-se também que a amostra A10 possui valor discrepante comparando-se com a tendência dos demais valores. Possivelmente em função da formulação desta argamassa (cimento, areia aditivos).

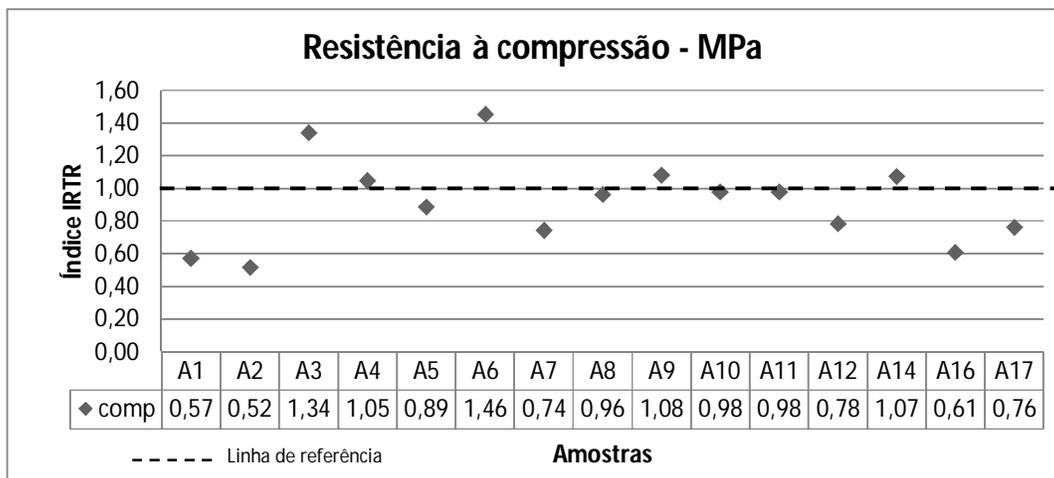


Figura 4.24 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão

Analisando a Figura 4.25, observa-se que para a resistência à compressão, os valores encontrados de IRTR menores que um foram 10, onde os menores entre estes dez foram 0,52 e 0,57 para as argamassas A2 e A1 respectivamente e o maior valor, também entre estes dez valores, foi 0,98 para as argamassas A10 e A11, ou seja, quanto mais próximo de um (próximos a linha de referência), estes valores estiverem, melhor será o desempenho para as avaliações do Tecnológico.

Analisando de outra forma os resultados das avaliações dos Requisitos versus Tecnológico, observa-se para a resistência à compressão, que estes valores estão próximos a linha de referência que aponta como estes valores estão distribuídos na região do gráfico, ou seja, se há uma perfeita equivalência entre ambos os valores, eles estarão precisamente sobre esta linha. A Figura 4.25 a seguir, demonstra a distribuição dos valores de compressão quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico.

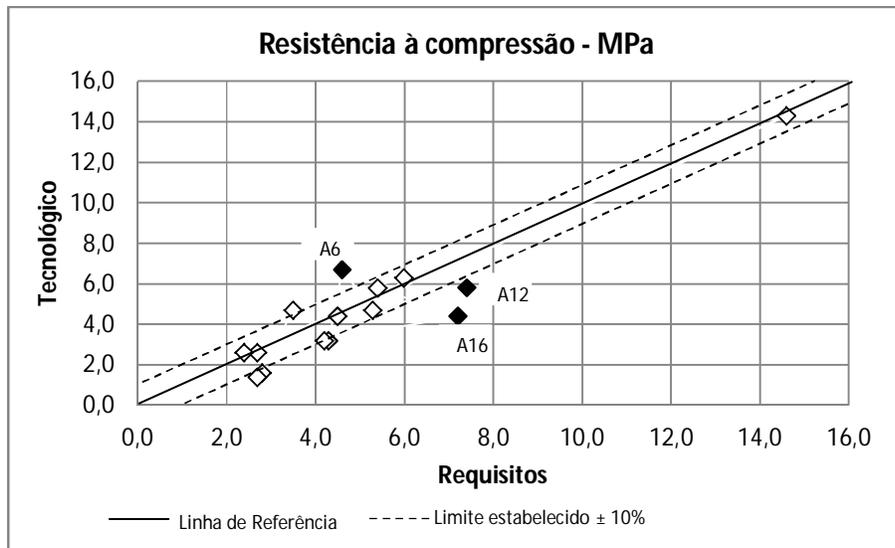


Figura 4.25 - Gráfico com os valores individuais de compressão para as amostras de Requisitos versus Tecnológico

Observa-se na Figura 4.25, que, entre todas as argamassas a A6, A12 e A16 (conforme demonstra também na Figura 4.23), tiveram valores mais discrepantes (estão fora da faixa limite estabelecido de mais ou menos 10%), com 4,6 MPa (Requisitos) e 6,7 MPa (Tecnológico), 7,4 MPa (Requisitos) e 5,8 MPa (Tecnológico), e 7,2 MPa (Requisitos) e 4,4 MPa (Tecnológico) respectivamente. Estas argamassas apresentam-se mais distante da linha de referência, ou seja, na amostra A6 o valor do Requisito ficou 46 % menor que o valor da amostra do Tecnológico; para a amostra A12, ao contrário da A6, o valor de Requisito ficou 22% maior que o Tecnológico; e para a amostra A16, o Requisito ficou 39% maior que o Tecnológico. Em se tratando da mesma amostra para cada ponto do gráfico da Figura 4.25, foram analisadas para as amostras A6, A12 e A16, as variáveis água utilizada na mistura e ar incorporado (propriedades que tem influência direta na resistência à compressão), para tentar explicar estas diferenças de valores. Dentre elas, o ar incorporado da amostra A6 foi maior para o Tecnológico, 5,9 % contra 2,7% dos Requisitos (pelo menor valor do ar, teoricamente haveria um valor de compressão maior em se tratando da mesma amostra; no mesmo raciocínio, como complemento da avaliação da resistência à compressão, a densidade de massa no estado endurecido para os Requisitos e Tecnológico, que é um indicativo de maior ou menor resistência à compressão, ficou maior para Tecnológico); A variável água de mistura foi igual (22%) para ambas as condições. Portanto, após a avaliação destas variáveis, pode-se dizer que a amostra A6

talvez tenha sido influenciada por algum fator operacional, como dosagem da argamassa, tempo e tipo de mistura, etc. Para a amostra A12, as propriedades avaliadas não tiveram diferenças significativas nos valores encontrados para os Requisitos e Tecnológicos. A água de mistura teve valor de 17 e 18 % e o ar incorporado 9,4 e 9,0 % para os Requisitos e Tecnológico respectivamente. Portanto, como possível explicação para estes valores pode ter sido o sinergismo envolvido no processo, assim como ocorrido na amostra A6. Para a amostra A16, a água de mistura encontrada nos Requisitos foi menor, 14% (com resistência à compressão maior; 7,2 MPa) e 16% para avaliação do Tecnológico que teve sua resistência à compressão menor, 4,4 MPa; e para o ar incorporado os valores foram 11% para a avaliação de Requisito (maior resistência à compressão) e 13% para avaliação de Tecnológico (menor compressão), justificando com isso, uma possível interferência nas distorções dos valores encontrados para resistência à compressão das avaliações de Requisitos e Tecnológico.

Analisando a Figura 4.26 a seguir, observa-se também que, para a resistência à tração na flexão, a maioria dos valores encontrados possui uma tendência de serem maiores para as avaliações de Requisitos. Observa-se também que a amostra A10, semelhante ao resultado da amostra A10 de resistência a compressão, possui valor discrepante comparando-se com a tendência dos demais valores das outras amostras.

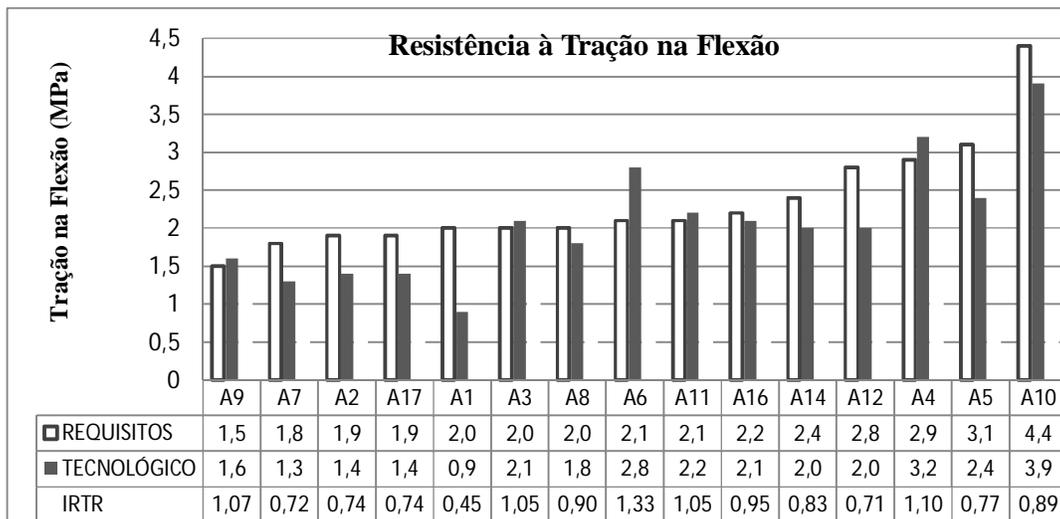


Figura 4.26 - Valores de resistência à tração na flexão para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Na Figura 4.27 (tração na flexão), foram encontradas dez argamassas com valores abaixo do limite um, sendo que o menor deles encontrado foi 0,45 para a argamassa A1 e o maior foi de 0,95 (mais próximo de um) para a argamassa A16.

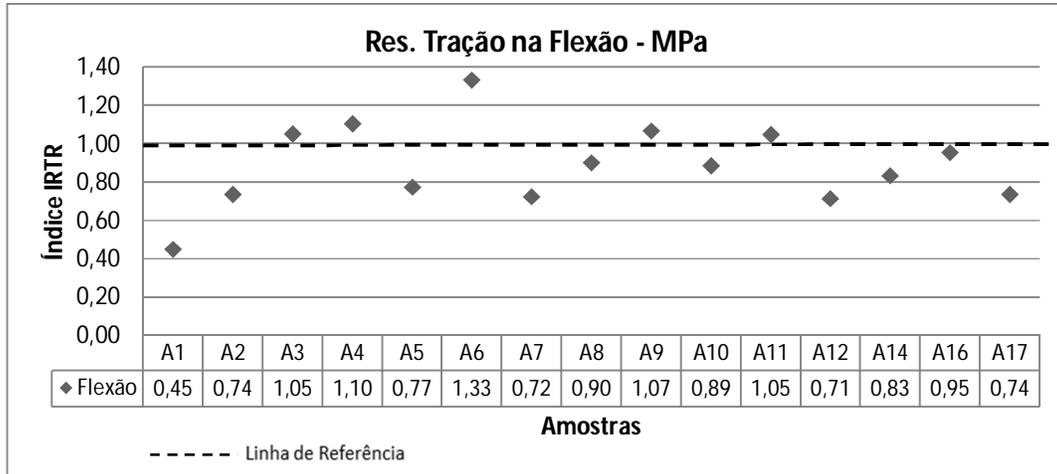


Figura 4.27 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão

Analisando os resultados das avaliações dos Requisitos versus Tecnológicos, através da Figura 4.28 a seguir, observa-se para a resistência à tração na flexão, que as amostras estão distribuídas semelhantes aos de compressão, como era de se esperar, visto a proximidade entre estas duas propriedades. Observa-se também, que quatro amostras estão fora da linha do limite estabelecido mais ou menos 10 % ( A1, A5, A6, e A12). Analisando a variável água de mistura e ar incorporado (como feito para a avaliação de compressão e conforme apresentado na Figura 4.21 e Tabela 4.8), para tentar explicar estas divergências, observou-se que as amostras A1 e A12 possuem valores mais dispersos, quanto aos Requisitos e Tecnológico. Seus valores são: para água de mistura da amostra A1, 16% (Requisitos) e 14% (Tecnológico) e para ar incorporado 15,5% (Requisitos) e 14% (Tecnológico); no mesmo raciocínio têm-se, para a amostra A12, 17 e 16% de água de mistura e 5,9 e 2,7 % de ar incorporado. Provavelmente, para estas duas amostras, as divergências em seus valores foram em função de alguma interferência durante a avaliação, seja de ordem operacional, seja de ordem mecânica, visto que, pelas respostas encontradas para as duas variáveis analisadas deveriam estar invertidas quanto aos Requisitos e Tecnológicos. Para as duas últimas amostras (A5 e A6), as variáveis analisadas (água e ar) não tiveram diferenças significativas entre seus valores e como justificativa para distorção entre os valores de resistência à tração na flexão para as avaliações de Requisitos e Tecnológicos,

provavelmente, possa ter sido em função, também, de alguma interferência durante a avaliação, seja de ordem operacional, seja de ordem mecânica.

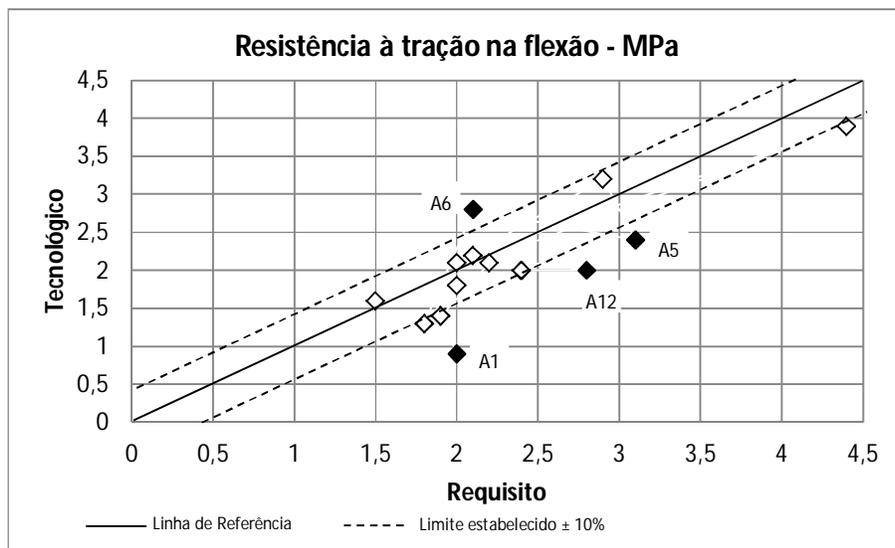


Figura 4.28 - Gráfico com os valores individuais de tração na flexão das amostras de Requisitos versus Tecnológico

Para a Figura 4.29 a seguir, observa-se que a aderência à tração apresenta a quantidade ligeiramente maior de valores para as avaliações de Requisitos (08) comparando-se com as avaliações do Tecnológico (07). A amostra A6 não foi computada nesta comparação visto que só apresenta valor para a avaliação de Requisitos. Observa-se ainda que todas as amostras seguem uma tendência crescente (conforme foi adotado como critério de exposição dos dados), onde as amostras A5, A8, A10, A11, A12 e A16 apresentaram valores divergentes quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológicos.

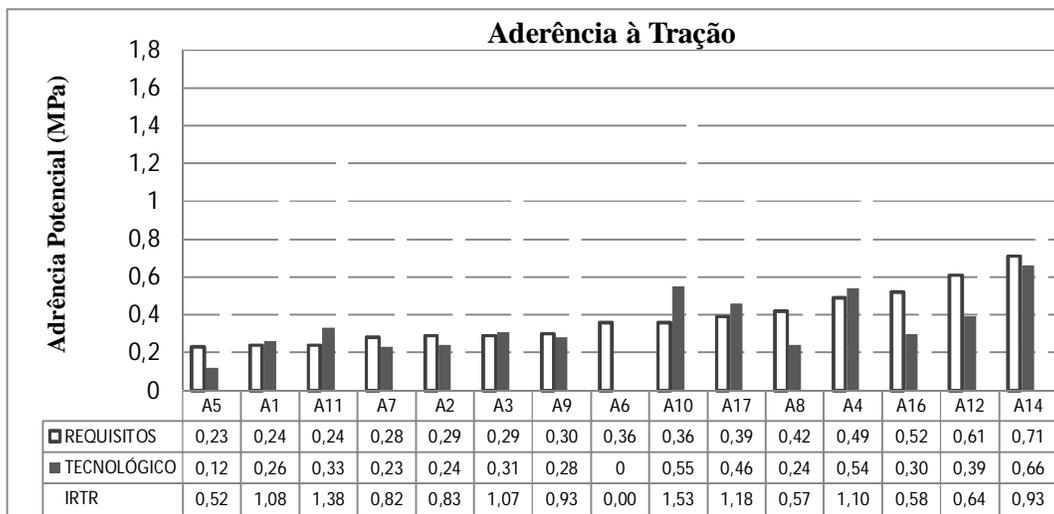


Figura 4.29 - Valores de aderência à tração para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Na Figura 4.30 adiante, foram encontradas nove argamassas com valores abaixo do limite um, sendo que o menor valor encontrado foi 0,52 para a argamassa A5 e o maior foi de 0,93 (mais próximo de um) para a argamassa A9 e A14. No geral 60% das amostras dos Requisitos foram superiores aos Tecnológicos.

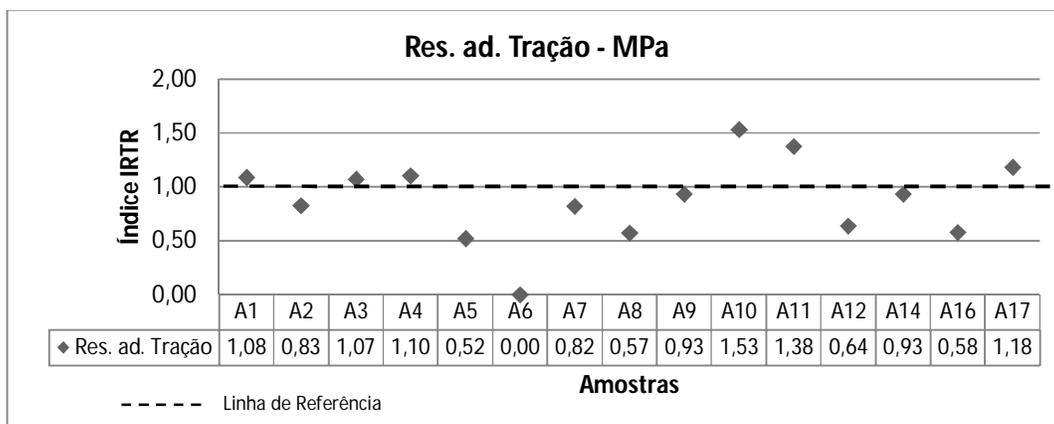


Figura 4.30 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de aderência à tração

Para os resultados das avaliações dos Requisitos versus Tecnológico, observa-se para a resistência de aderência à tração, que seis amostras ficaram fora da faixa do limite estabelecido ( $\pm 10\%$ ), conforme ilustra o gráfico da Figura 4.31 a seguir. Quatro destas amostras tiveram valores maiores para a avaliação de Requisitos (A5, A8, A12 e A16) e duas tiveram valores maiores para a avaliação de Tecnológico (A10 e A11). A resistência de aderência à tração é uma propriedade que possui diversas peculiaridades, onde

geralmente seus resultados costumam ser dispersos mesmo para uma mesma amostra. Analisando a variável água de mistura, ar incorporado (conforme apresentado na Figura 4.21 e Tabela 4.8) e retenção de água (Figura 4.41) observa-se, que, as duas primeiras variáveis não sofreram alterações significativas em seus valores, e, portanto, não influenciando diretamente na propriedade de resistência de aderência à tração. Já para a última (retenção de água) os valores encontrados nas avaliações de Requisito e Tecnológico ficaram dispersos uns em relação aos outros, sendo que as amostras A5, A10 e A12 foram as mais discrepantes (87 – 70%; 91 – 81% e 81 – 75% respectivamente), sendo que o primeiro valor representa o Requisito e o segundo o Tecnológico. Portanto, pode-se dizer que a aderência potencial no substrato padrão, possivelmente, teve maior influência da retenção de água, pois em geral, argamassas com menores retenções de água perdem mais facilmente água para o substrato e levando consigo os finos do cimento (pasta de cimento), que tendencialmente possibilita uma melhor penetração nas reentrâncias do substrato melhorando assim a aderência.

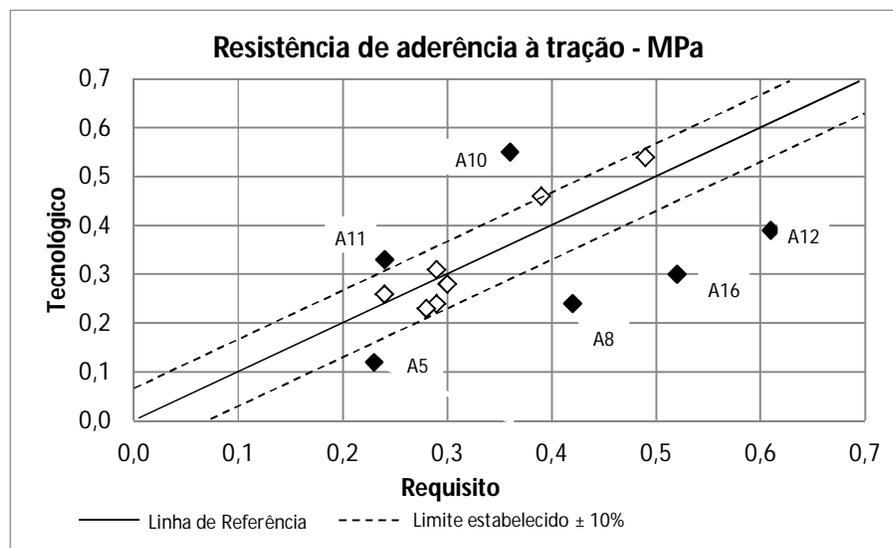


Figura 4.31 - Gráfico com os valores individuais de resistência de aderência à tração das amostras de Requisitos versus Tecnológico

Analisando a Figura 4.32 a seguir, observa-se para o coeficiente de capilaridade, que os valores encontrados entre todas as amostras para as avaliações de Requisitos e Tecnológico, estão distribuídos de uma forma mais uniforme, com exceção as amostras A5, A6 e A16. Entre estas amostras citadas, a A6 e a A16 possuem valores maiores para os Requisitos e a amostra A5 possui valor maior para o Tecnológico.

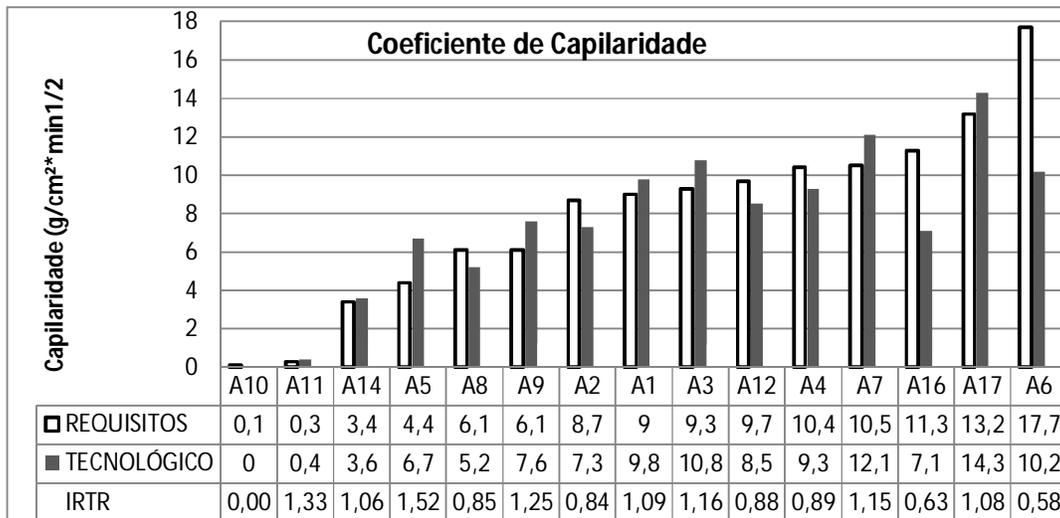


Figura 4.32 - Valores de coeficiente de capilaridade para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Na propriedade coeficiente de capilaridade, têm-se como princípio, para avaliação dos resultados, que esta propriedade é inversa comparando com as demais propriedades, ou seja, quanto maior for o resultado menor será o seu desempenho.

A Figura 4.33 adiante, com as avaliações de capilaridade possui oito valores maiores que um (acima da linha de referência), que correspondem a 54% das amostras que fazem parte das avaliações do Tecnológico. O maior valor encontrado acima da linha de referência, foi 1,52 para a argamassa A5 e o mais próximo dela foi 1,06 para a argamassa A14.

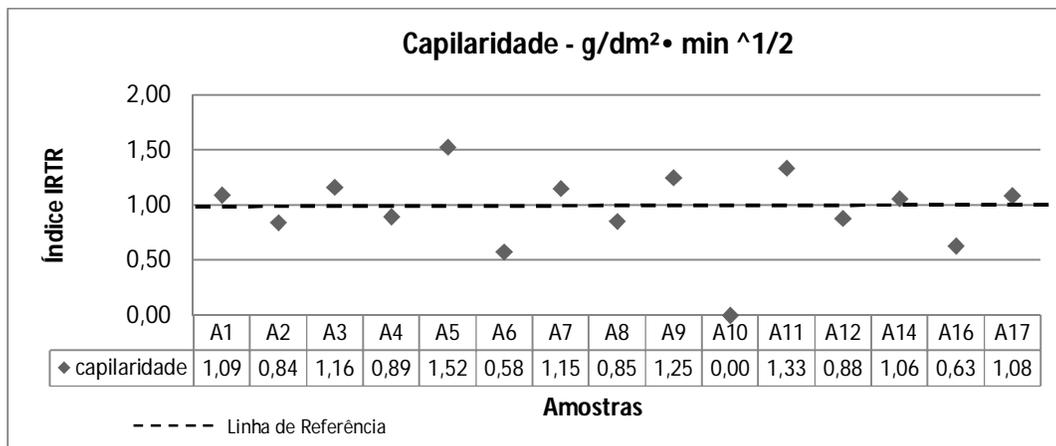


Figura 4.33 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão

Observa-se na Figura 4.34, que, entre todas as argamassas a A5, A6 e A16, tiveram valores mais discrepantes (estão fora da faixa limite estabelecido de mais ou menos 10%), com 4,4 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Requisitos) e 6,7 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Tecnológico); 17,7 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Requisitos) e 10,2 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Tecnológico); e 11,3 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Requisitos) e 7,1 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> (Tecnológico) respectivamente. Em se tratando da mesma amostra para cada ponto do gráfico da Figura 4.34 para as amostras A5, A6 e A16, em questão, foram analisadas as variáveis água utilizada na mistura e ar incorporado (propriedades que podem influenciar no coeficiente de capilaridade), para tentar explicar estas diferenças de valores. Para a amostra A5, os valores destas duas variáveis foram iguais, 19% para água de mistura (Requisitos e Tecnológico) e 17% para o ar incorporado (Requisitos e Tecnológico). Portanto como uma provável justificativa para essas divergências entre os valores de capilaridade (4,4 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> para Requisitos e 6,7 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> para Tecnológico), já que não houve diferenças entre as variáveis, pode ter sido outro fator como o operacional, por exemplo, o processo e o tempo de mistura diferenciada entre os Requisitos e o Tecnológico. Para a amostra A6 a água de mistura ficou igual para ambas às avaliações (22%), sendo que a diferença considerável ficou no ar incorporado com 2,7% para a avaliação de Requisitos e 5,9% para a avaliação de Tecnológico, justificando com isso os valores dispersos encontrados para o coeficiente de capilaridade (17,7 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> para os Requisitos que teve valor de ar menor, 2,7% e 10,2 g/dm<sup>2</sup>•min<sup>1/2</sup> para o Tecnológico que teve valor de ar maior). Por fim, para a amostra A16 a água de mistura teve valores de 14 e 16% Requisitos e Tecnológico (maior) respectivamente e para o ar incorporado 11 e 13% na mesma ordem, sendo que o valor para Tecnológico ficou maior. Estas duas variáveis, a princípio, podem justificar o porquê dos valores dispersos encontrados entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico para a capilaridade, visto que, para maiores valores de ar incorporado, tendencialmente, menores são os valores de capilaridade (para capilares de maiores diâmetros têm-se menor pressão capilar e maior pressão hidrostática da coluna de água e, portanto uma menor ascensão capilar de água comparado aos capilares de menores diâmetros, RATO, (2006); e maiores quantidade de água de mistura podem influenciar na capilaridade associada a outras variáveis, como o próprio ar incorporado, tipo e tempo de mistura.

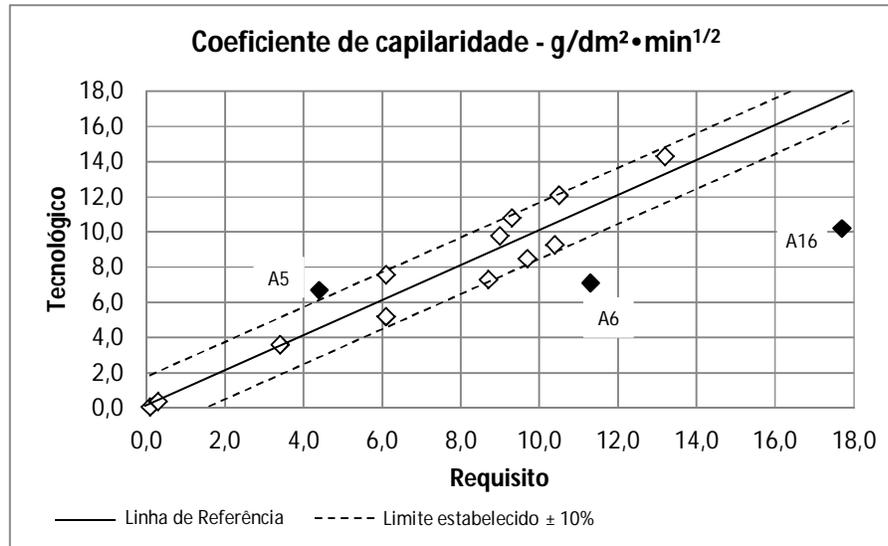


Figura 4.34 - Gráfico com os valores individuais de coeficiente de capilaridade das amostras de Requisitos versus Tecnológico

Para a Figura 4.35 adiante, observa-se que a densidade de massa no estado endurecido apresenta os maiores valores para as avaliações dos Requisitos comparando-se com as dos Tecnológicos (em termos de quantidade). Observa-se ainda que todas as amostras seguem uma tendência crescente sem apresentar um ou outro valor divergente das demais.

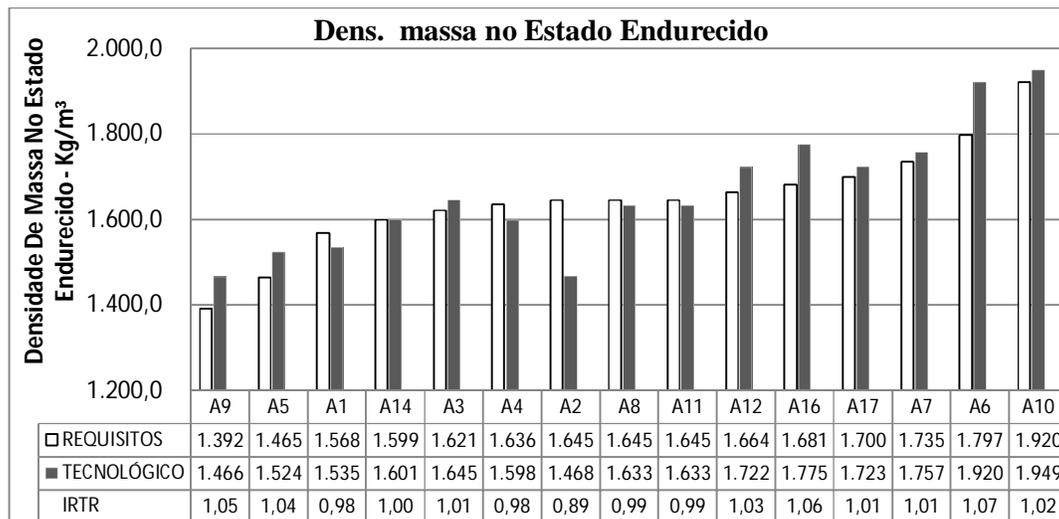


Figura 4.35 - Valores de densidade de massa no estado endurecido para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Na Figura 4.36 (densidade de massa no estado endurecido), foram encontradas cinco argamassas (33% das mostras) com valores abaixo do limite um (que equivale à linha de referência), sendo que o menor valor encontrado foi 0,89 para a argamassa A2 e o mais próximo de um foi o valor 0,99 para as argamassas A8 e A11. Observa-se também que quase todas as amostras estão numa faixa de valores entre 0,98 a 1,05.

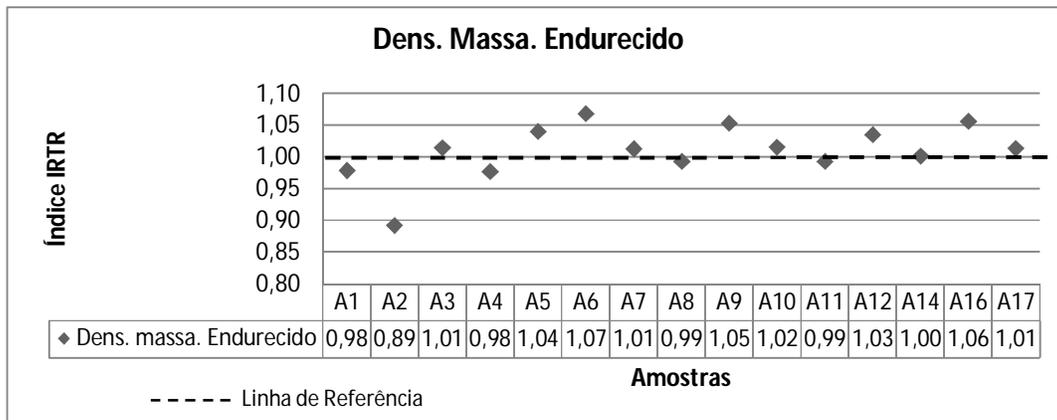


Figura 4.36 - Gráficos com os valores de IRTR para avaliação de densidade de massa no estado fresco

Em termos de comparações, entre as avaliações de Requisitos versus Tecnológico, observa-se no gráfico da Figura 4.37 que a maioria das amostras estão dentro da faixa limite estabelecido de mais ou menos 10%, onde a única exceção foi a amostra A2 com valor de 1645 kg/m<sup>3</sup> (Requisitos) e 1468 kg/m<sup>3</sup> (Tecnológico). Como possível explicação para a distorção entre esses dois resultados, em se tratando de uma mesma amostra, avaliaram-se as variáveis, água utilizada na mistura e ar incorporado (propriedades que podem influenciar na densidade de massa no estado endurecido), para tentar explicar estas diferenças de valores. Os valores encontrados para estas duas variáveis foram 17 e 16% para água de mistura (Requisitos e Tecnológico respectivamente) e 14,6 e 14,0% para o ar incorporado (Requisitos e Tecnológico respectivamente). Com estes resultados analisados não foi possível obter uma resposta para as divergências entre os valores de Requisitos e Tecnológicos, visto que estão muito próximos uns dos outros e com isso não justificando tais divergências. Portanto como uma provável justificativa para essas divergências entre os valores de densidade de massas no estado endurecido, pode-se dizer que a amostra A2 talvez tenha sido influenciada por algum fator operacional, como dosagem da argamassa,

tempo e tipo de mistura, entre outros. Cabe lembrar que as argamassas são constituídas de diferentes materiais e também de fabricantes diferentes.

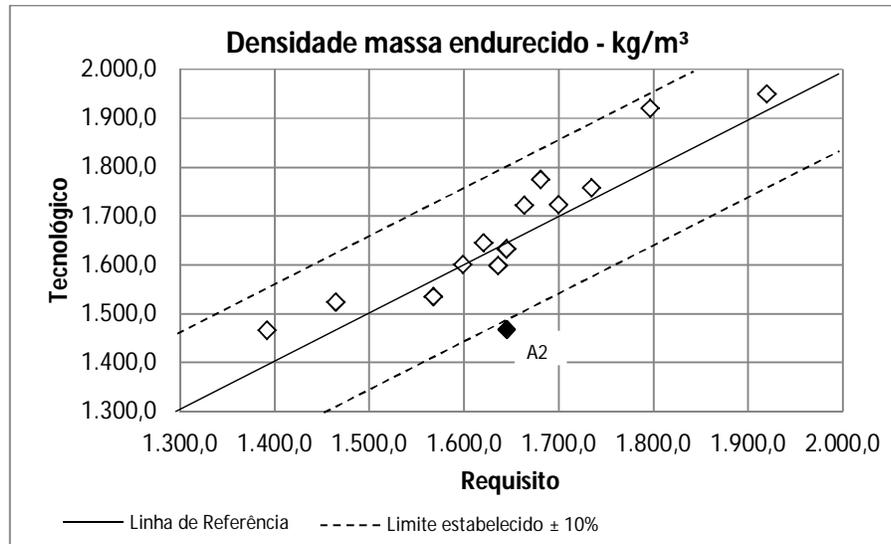


Figura 4.37 - Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado endurecido das amostras de Requisitos versus Tecnológico

Na Figura 4.38 a seguir, observa-se que para densidade de massa no estado fresco apresenta a maior quantidade de valores maiores para as avaliações de Tecnológico, diferente de todas as propriedades já analisadas. Observa-se ainda que todas as amostras seguem uma tendência crescente sem apresentar valores divergentes das demais, com exceção das amostras A5 e A11 para os valores das avaliações de Tecnológico.

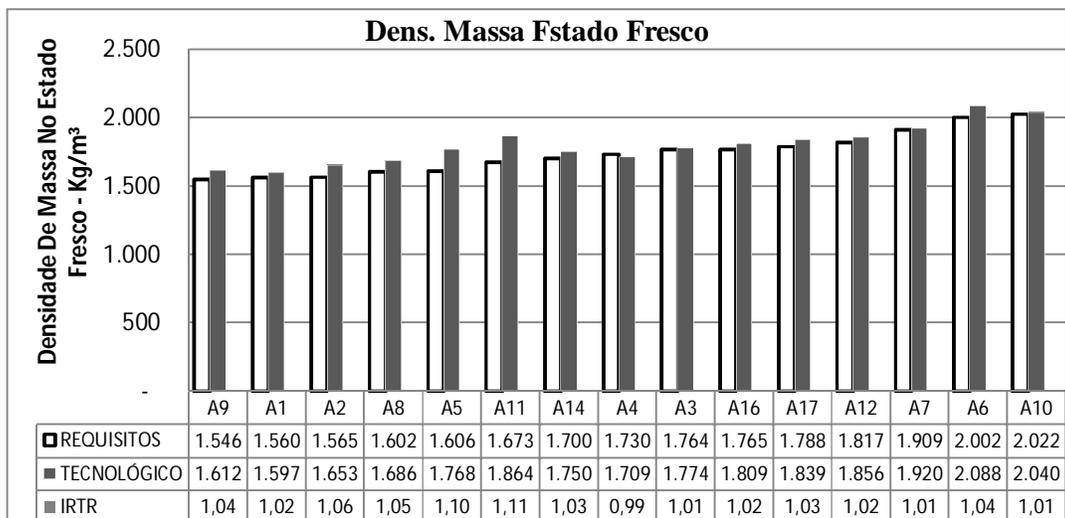


Figura 4.38 - Valores de densidade de massa no estado fresco para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR.

Para os valores de densidade de massa no estado fresco, mostrados na Figura 4.39 a seguir, observa-se que apenas um valor de IRTR está abaixo faixa “um” (Linha de Referência). Normalmente esta propriedade não apresenta distorções quanto aos seus valores, comparados com todas as outras amostras. Este fato ocorreu também para a densidade de massa no estado endurecido.

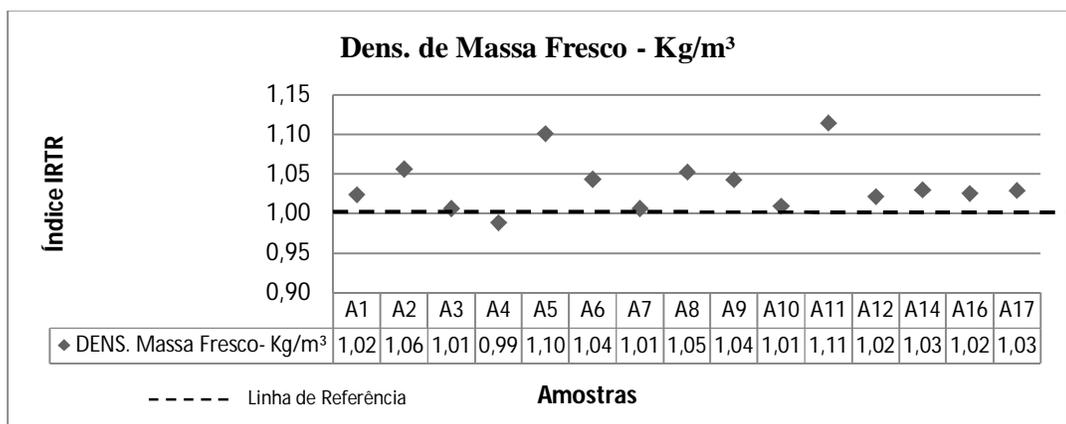


Figura 4.39 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de densidade de massa no estado fresco

Analisando o gráfico da Figura 4.40, com as avaliações entre Requisitos versus Tecnológico, observa-se que a maioria das amostras estão dentro da faixa limite estabelecido de mais ou menos 10%, onde a única exceção foi a amostra A11 com valor

de 1673 kg/m<sup>3</sup> (Requisitos) e 1864 kg/m<sup>3</sup> (Tecnológico). Como possível explicação para as distorções entre os valores destas duas propriedades, em se tratando de uma mesma amostra, avaliou-se, assim como para a densidade de massa no estado endurecido, as variáveis água utilizada na mistura e ar incorporado, pois estas variáveis podem influenciar na densidade de massa no estado fresco. Os valores encontrados para estas duas variáveis foram 21 e 19% para água de mistura (Requisitos e Tecnológico respectivamente) e 9,0 e 13,2% para o ar incorporado (Requisitos e Tecnológico respectivamente). Com a análise destes resultados, verificou-se que estas variáveis não interferiram nos valores encontrados para as avaliações dos Requisitos e Tecnológicos, visto a proximidade entre estes valores e com isso não podendo justificar tais divergências. Portanto uma provável justificativa para as divergências entre os valores de densidade de massas no estado fresco pode-se dizer que a amostra A11, assim como a argamassa A2 da propriedade de densidade de massa no estado endurecido, tenha sido influenciada por algum fator operacional, como dosagem da argamassa, tempo e tipo de mistura, entre outros. Ressalta-se que as argamassas são de diferentes fabricantes com diferentes materiais em sua formulação, como agregados e aditivos.

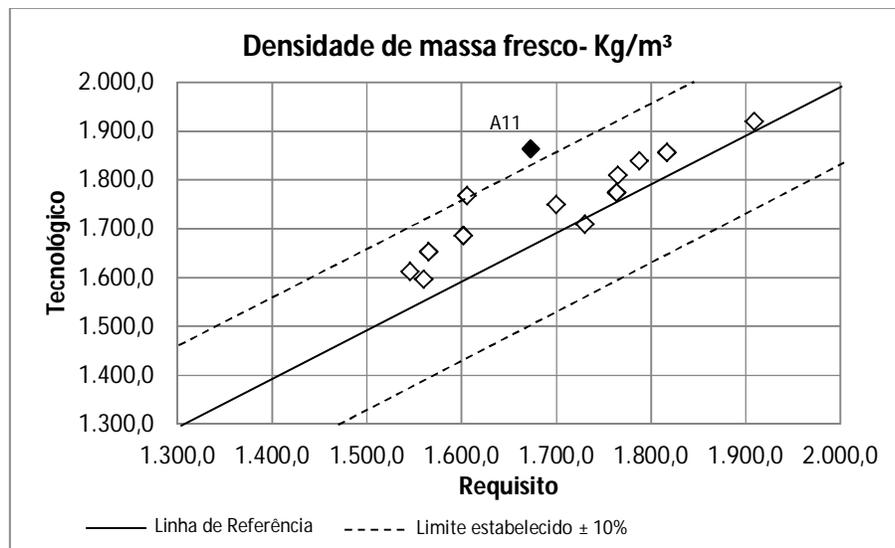


Figura 4.40- Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado fresco das amostras de Requisitos versus Tecnológico

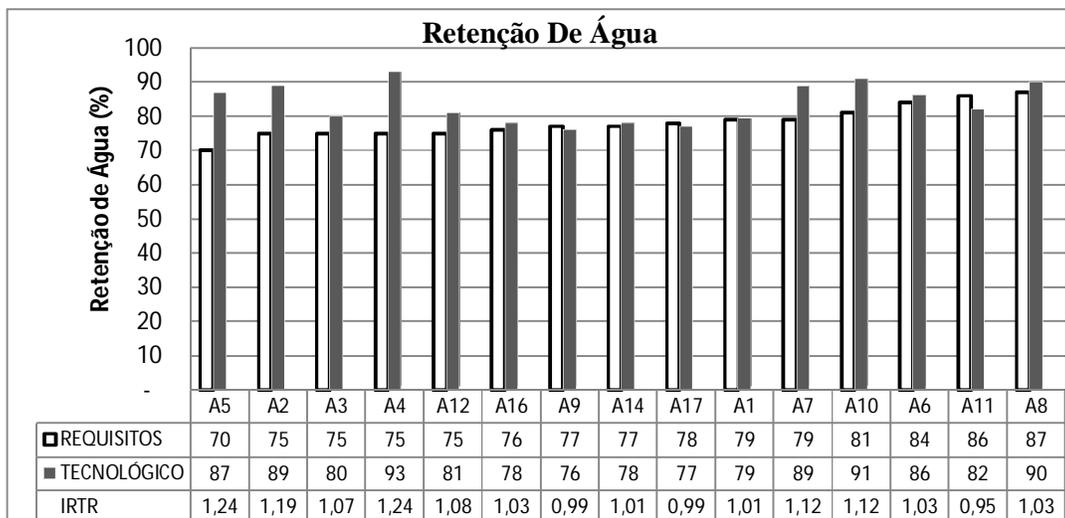


Figura 4.41 - Valores de retenção de água para as avaliações de Requisitos, Tecnológicos e IRTR

Na Figura 4.42 (retenção de água), foram encontrados apenas dois valores abaixo do limite um (linha de referência), sendo eles 0,95 e 0,99 para as argamassas A11 e A9 respectivamente. Cabe salientar que para as amostras acima do limite um (amostras das avaliações de Tecnológico), significa que elas possuem um desempenho melhor de retenção de água comparando-se com as avaliações dos Requisitos. Observa-se que a maioria dos valores de IRTR estão dentro de uma faixa de 0,99 a 1,12, ou seja, os Tecnológicos estão, em sua maioria, igual ou superiores aos Requisitos, porém com valores muito próximos entre estas duas propriedades.

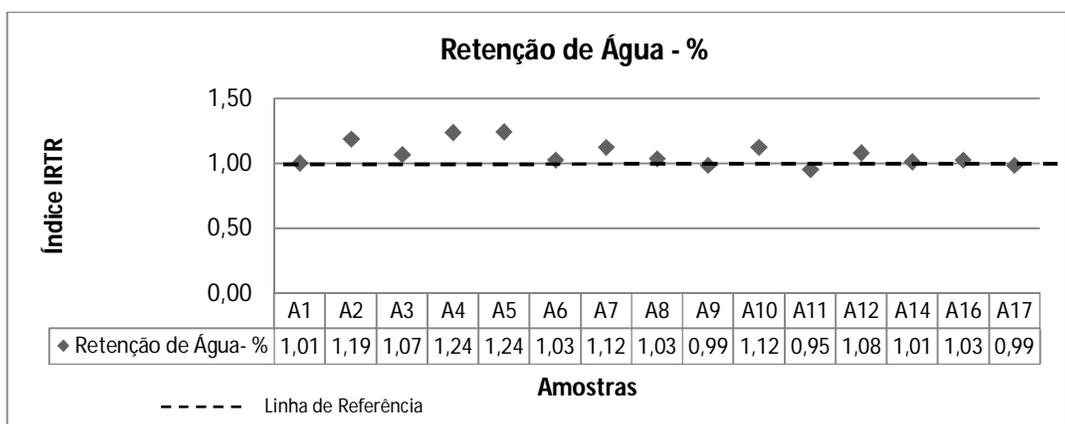


Figura 4.42 - Gráficos com os valores de IRTR para o ensaio de compressão

De acordo com o gráfico da Figura 4.43, com as avaliações entre Requisitos versus Tecnológico, observa-se que dez amostras (maioria) estão dentro da faixa limite estabelecida de mais ou menos 10% e cinco estão fora desta faixa (A2, A4, A5, A7 e A10). Observa-se também que todas estas cinco amostras estão distribuídas acima da faixa limite ( $\pm 10\%$ ). Para as variáveis analisadas, água de mistura e ar incorporado, não houve diferença significativa entre seus valores (Requisitos e Tecnológico), conforme demonstrados na Figura 4.21 e Tabela 4.8. Portanto uma provável justificativa para as amostras que estão acima da faixa estabelecida ( $\pm 10\%$ ) para a retenção de água, pode-se dizer que foi a interferência em conjunto dessas variáveis (água de mistura, ar incorporado e o fator operacional), sendo que esta última possa ser a que mais tenha influenciado (dosagem da argamassa, tempo e tipo de mistura, etc.), visto que as outras tiveram seus valores muito próximos uma da outra.

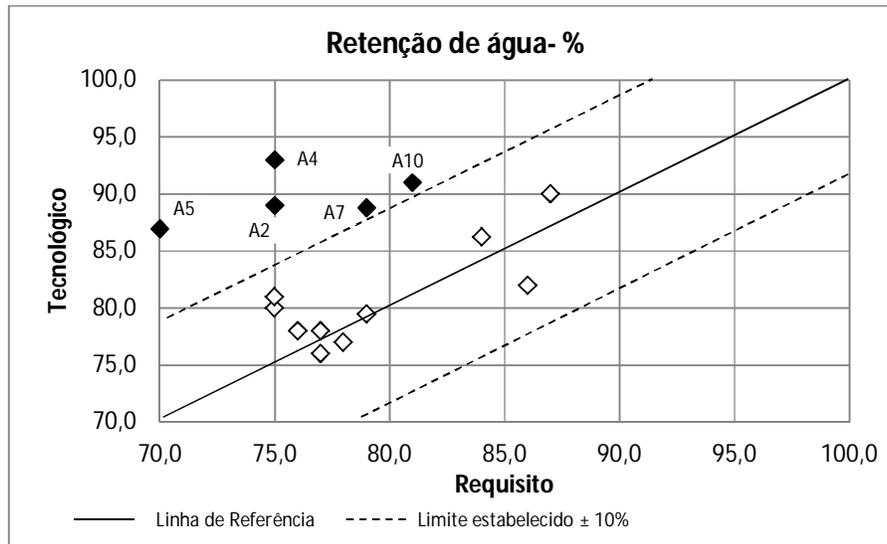


Figura 4.43 - Gráfico com os valores individuais de densidade de massa no estado fresco das amostras de Requisitos versus Tecnológico

Na Tabela 4.9 apresentam-se as informações com os resultados de todas as avaliações dos IRTR referentes às propriedades abordadas pela norma ABNT NBR 13281:2005 de Requisitos. Os resultados dos IRTR estão apresentados na seguinte ordem: valores maiores e menores que um, valores médios, valores mínimos e valores máximos.

Tabela 4.9 - Valores de IRTR

	Compressão - Kg/m <sup>3</sup>		Flexão - Kg/m <sup>3</sup>		Res. ad. Tração - (MPa)		Capilaridade 90 min - (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )		Dens. massa. Endurecido - Kg/m <sup>3</sup>		Retenção de Água- %		Dens. Massa Fresco- Kg/m <sup>3</sup>	
	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1
Valores >1 e <1	5	10	5	10	6	9	8	7	10	5	12	3	14	1
Média	1,20	0,71	1,12	0,70	1,22	0,58	1,21	0,67	1,03	0,97	1,10	0,98	1,04	0,99
Mínimo	0,52		0,45		0,52		0,00		0,89		0,95		0,99	
Máximo	1,46		1,33		1,53		1,52		1,07		1,24		1,11	

Dos resultados avaliados, comparando-se as avaliações de Requisitos e Tecnológicos, observa-se, para os valores maiores e menores que um, que existem divergências entre as propriedades estudadas (em termos quantitativos). Isso é evidenciado pelas propriedades de resistência à compressão, resistência à tração na flexão, densidade de massa no estado endurecido, retenção de água e densidade de massa no estado fresco, sendo estas duas últimas de distorções mais expressivas. As exceções foram as propriedades de resistência de aderência à tração e capilaridade. Observa-se que, dentre as propriedades com distorções mais expressivas, no caso da retenção de água, ocorreram três dos quinze valores, para os menores que “um”, sendo que destes três, dois estão próximos do limite “um” com valores de 0,99 para ambos. E para a segunda distorção mais expressiva (densidade de massa no estado fresco), ocorreu apenas um valor menor que “um” (valor 0,99). Portanto, para as duas propriedades consideradas como distorções expressivas, evidenciou-se que a maior parte destas amostras estão nas avaliações dos Tecnológicos, ainda que os valores esteja próximos entre si. Para estas duas propriedades, poderia se ter como explicação a influência da água de dosagem, visto que é a variável que supostamente tem influência direta nestas propriedades (considerando-se a mesma argamassa). Todavia os valores de água de dosagem utilizados para confecção da argamassa nas duas condições (Requisitos e Tecnológico) não tiveram variação significativa em seus valores conforme ilustrado na Tabela 4.3 e Tabela 4.5. Com relação aos valores mínimo, máximo e médio observa-se que as variações entre as propriedades foram diversas entre as argamassas, e como possível justificativa para estas variações a influência das formulações de cada argamassa, visto que elas são de fabricantes diferentes e regiões diferentes.

#### **4.7 ANÁLISE DOS VALORES ENTRE TODOS OS GRUPOS**

Os perfis de comportamento identificados nos três grupos de cada propriedade são apresentados a seguir, tanto nas avaliações de Requisitos quanto nas avaliações Tecnológicas.

Nesta seção serão apresentados e analisados todos os valores mínimos, máximos e médios de todas as amostras, para cada propriedade, contidas em cada um dos três grupos, além de suas quantidades. Com o objetivo de se verificar a existência de tendências e comportamentos nestas propriedades a serem avaliadas dentro de cada

grupo. Também serão apresentados os valores médios, de cada propriedade, para todas as argamassas contidas nos três grupos, ou seja, valores médios de todas as amostras dos Requisitos e Tecnológico. Todos esses valores apresentados são pertinentes às propriedades da ABNT NBR 13281:2005 correspondentes às avaliações de Requisitos e Tecnológico. Estas propriedades apresentam-se na Tabela 4.10 e Tabela 4.11, e estão dispostas na seguinte ordem: resistência à compressão, resistência à tração na flexão, aderência potencial, capilaridade, densidade de massa no estado endurecido, densidade de massa no estado fresco e retenção de água.

Tabela 4.10 - Média por Grupos quanto aos Requisitos da NBR 13281:2005

Propriedade	Grupo I								Grupo II								Grupo III							
	Requisito (R)				Tecnológico (T)				Requisito (R)				Tecnológico (T)				Requisito (R)				Tecnológico (T)			
	Min	Máx	Méd	N.A.R	Min	Máx	Méd	N.A.T	Min	Máx	Méd	N.A.R	Min	Máx	Méd	N.A.T	Min	Máx	Méd	N.A.R	Min	Máx	Méd	N.A.T
Compressão – MPa	2,40	6,00	4,20	12,00	1,40	4,70	3,05	10,00	7,20	7,40	7,30	2,00	5,80	6,70	6,20	4,00	14,60	14,60	14,60	1,00	14,30	14,30	14,30	1,00
T. Flexão – MPa	1,50	2,40	1,95	11,00	0,90	1,40	1,15	6,00	2,80	3,10	2,95	3,00	2,00	2,80	2,20	7,00	4,40	4,40	4,40	1,00	3,20	3,90	3,55	2,00
A. Potencial – MPa	0,23	0,39	0,31	9,00	0,12	0,30	0,21	8,00	0,42	0,52	0,47	3,00	0,31	0,46	0,37	4,00	0,61	0,71	0,66	2,00	0,54	0,66	0,60	3,00
Capilaridade g/dm <sup>2</sup> •min <sup>1/2</sup>	0,10	3,60	1,85	3,00	0,10	4,40	2,25	4,00	6,70	10,50	8,60	10,00	6,10	9,10	8,00	6,00	13,20	17,70	15,45	2,00	9,70	14,30	12,00	5,00
M. Endurecido-kg/m <sup>3</sup> (10 <sup>-2</sup> )	14,66	16,01	15,34	6,00	13,92	15,68	14,80	3,00	16,33	17,75	17,04	7,00	15,99	17,35	16,57	10,00	19,20	19,49	19,35	2,00	17,97	19,20	18,59	2,00
M. Fresco – kg/m <sup>3</sup> (10 <sup>-2</sup> )	15,97	17,50	16,74	6,00	15,46	17,00	16,23	6,00	17,68	19,20	18,44	7,00	17,30	18,17	17,73	5,00	20,40	20,88	20,64	2,00	19,09	20,22	19,66	4,00
Retenção Água - % (10 <sup>-1</sup> )	7,60	8,20	7,90	8,00	7,00	7,60	7,30	6,00	8,60	8,70	8,60	2,00	7,70	8,10	7,90	7,00	8,90	9,30	9,10	5,00	8,40	8,70	8,55	2,00

Legenda: (N.A.R) Número de amostras de requisitos; (N.A.T) número de amostras de Tecnológico

Tabela 4.11 - Média para todos os valores das propriedades das argamassa quanto aos Requisitos da NBR 13281:2005

Propriedade	Requisito	Tecnológico
Compressão (MPa)	5,17	4,78
T. Flexão (MPa)	2,34	2,07
A. Potencial (MPa)	0,38	0,33
Capilaridade (g/dm <sup>2</sup> •min <sup>1/2</sup> )	8,01	7,53
Massa Endurecido (Kg/m <sup>3</sup> )	1647,53	1663,27
Massa Fresco (Kg/m <sup>3</sup> )	1736,60	1797,62
Retenção Água	78,27	83,76

Na Tabela 4.10, tomando-se como exemplo, a propriedade de compressão (Requisitos e Tecnológico) para o grupo I, encontrou-se valores mínimo 2,40 MPa (Requisito) e 1,40 MPa (Tecnológico), valores máximos 6,00 e 4,70 MPa e médios 4,20 e 3,05 MPa. Ainda na mesma sequência (Requisitos e Tecnológico respectivamente), para o grupo II, encontrou-se como mínimo 7,20 e 5,80 MPa, máximo 7,40 e 6,70MPa e médio 7,30 e 6,20 MPa. Para o grupo III encontrou-se como mínimo, máximo e médio 14,60 MPa (Requisitos) e 14,30 Mpa (Tecnológico). Observou-se que entre todos os valores apresentados de compressão, os que fazem parte dos Requisitos foram sempre maiores, apesar de estarem em sua maioria sempre próximos, que os Tecnológicos com algumas exceções demonstradas adiante.

Através destas distribuições de cada uma das propriedades da norma ABNT NBR 13281:2005, foi possível fazer comparações entre estes valores obtidos, através das avaliações (valores mínimos, máximos, médios e comparação entre Requisitos e Tecnológico). Com estas avaliações têm-se o intuito de verificar a existência de uma tendência ou não, entre os as amostras contidas em cada um dos grupos, quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico. A Figura 4.44, Figura 4.45 e Figura 4.46 adiante descrevem os valores e comportamentos de cada amostra dentro do grupo I.

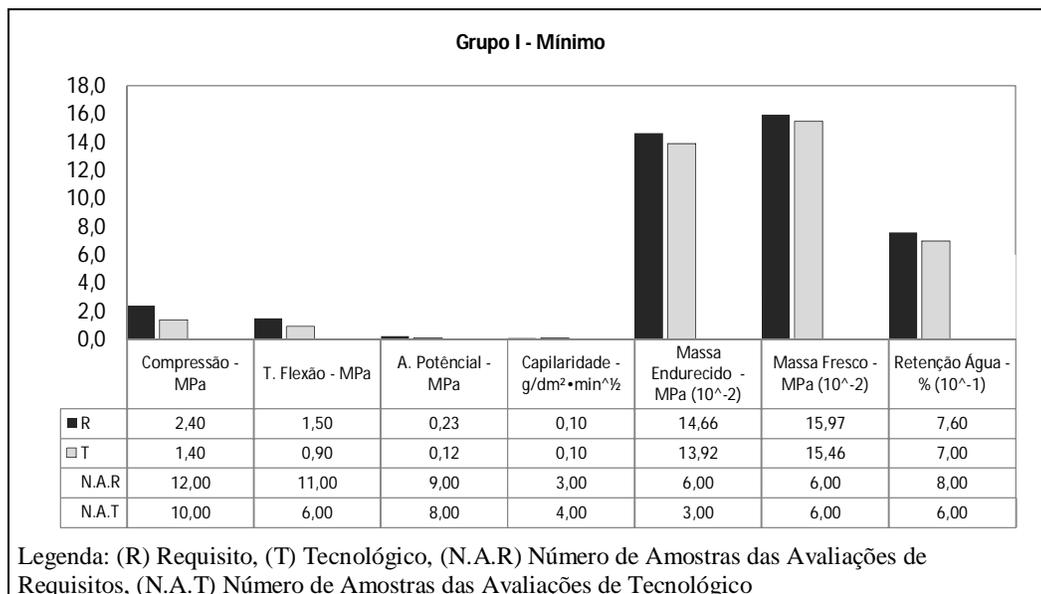


Figura 4.44 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I

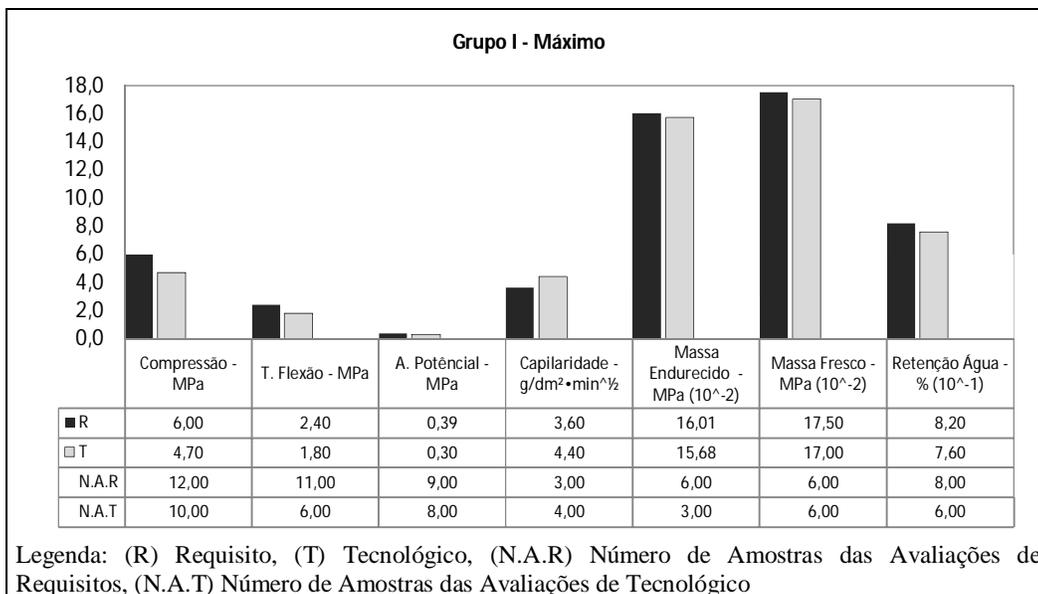


Figura 4.45 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I

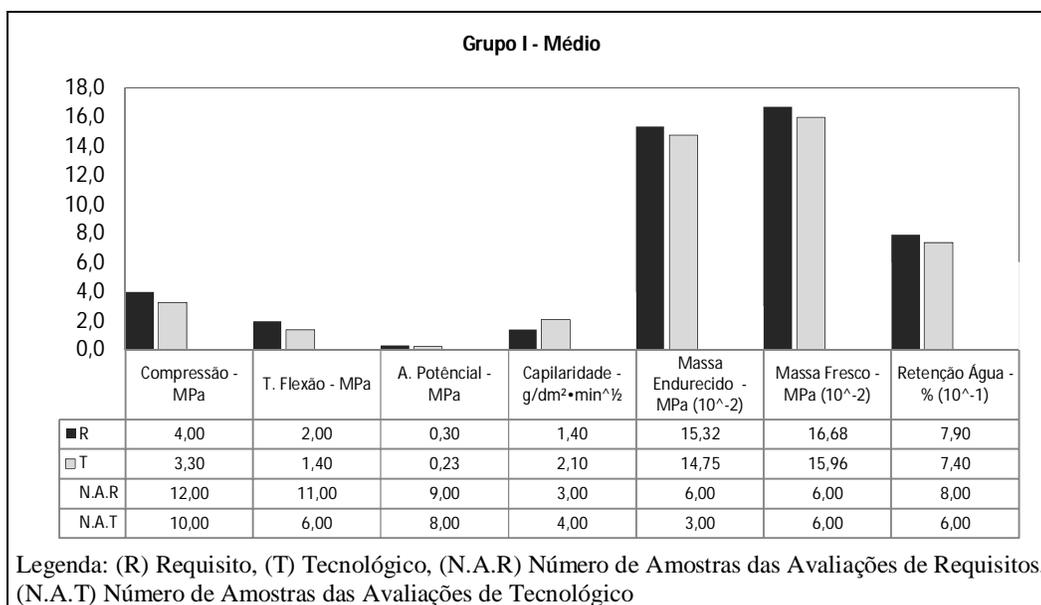


Figura 4.46 - Gráfico com os valores médios de cada propriedade para as amostras contidas no grupo I

Observa-se que entre todos os valores (mínimo, máximo e médio) contidos no grupo I para cada propriedade analisada, não houve um ou outro desses valores que apresentassem alguma distorção entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico, conforme apresentado nos gráficos das três figuras supracitadas. Verifica-se também, que entre estas propriedades

analisadas os valores sempre se mantem na mesma ordem, ou seja, os Requisitos foram sempre maiores que os Tecnológicos, com exceção a avaliação de capilaridade, todavia esses resultados refletem o desempenho de ordem inversa, ou seja, quanto maior o valor menor será o desempenho da argamassa. Para tentar justificar o porquê dos Requisitos serem ligeiramente maiores que os Tecnológicos, avaliaram-se algumas variáveis como: a água de mistura, as amostras, as condições de preparo (local, temperatura e umidade), o fator operacional (mão de obra e prováveis erros no procedimento de confecção das argamassas), além do processo e tempo de mistura.

Quanto à água de mistura, observou-se, para as amostras em questão, uma média de 16,7 % para as avaliações de Requisitos e 16,1 % para as avaliações do Tecnológico, ou seja, estes valores médios estão relativamente próximos uns dos outros e com isso, podem provavelmente, não terem influenciado significativamente nos valores encontrados entre essas duas avaliações.

Para as amostras que fazem parte do grupo I, foram todas iguais para cada avaliação, ou seja, as amostras utilizadas para os Requisitos foram as mesmas para as avaliações de Tecnológico e com isso pode-se dizer que, provavelmente, não houve influência direta nos resultados em virtude especificamente das amostras utilizadas nas avaliações.

Quanto às condições de preparo (local, temperatura e umidade), foram iguais para ambas as avaliações e com isso pode-se dizer que, possivelmente, não houve influência direta entre elas.

Quanto ao fator operacional, foi utilizada a mesma mão de obra para as confecções e avaliações das argamassas, limitando-se ao pesquisador e a um técnico de laboratório, com intuito de minimizar a influência da mão de obra durante as avaliações; e quanto aos prováveis erros nos procedimentos para confecção das argamassas, também, não foi constatado variações significativas. Portanto o fator operacional, em geral, não influenciou diretamente nas avaliações dos Requisitos e Tecnológicos.

Para o processo e o tempo de mistura entre as avaliações de Requisitos e Tecnológicos, pode se dizer que estas variáveis foram às únicas, entre as supracitadas, que talvez tenham influenciado de uma forma mais direta, nas avaliações dos Requisitos e Tecnológico, visto

que o processo de mistura e o tempo são diferentes entre estas duas avaliações discutidas e comparadas, conforme apresentados na seção 3.5 e 3.6.

Quanto à quantidade de amostras distribuídas no grupo I, observa-se para a compressão que 12 estão no Requisito e 10 estão no Tecnológico; no mesmo raciocínio têm-se: para Resistência a tração na flexão, 11 e 06; aderência potencial 09 e 08; Capilaridade 03 e 04; densidade de massa no estado endurecido 06 e 03; densidade de massa no estado fresco 06 e 06 e retenção de água 08 e 06. Portanto, entre todas as amostras analisadas que aparecem em cada propriedade, a maioria estão próximas umas das outras (com maior número para os Requisitos) quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico. As exceções aconteceram nas propriedades de resistência à tração na flexão e densidade de massa no estado endurecido (Quantidade de amostras maior para avaliação de Tecnológico). Como justificativa para estas distorções, pode-se supor que foram em função do método empregado para divisão dos grupos que proporcionou uma maior proximidade entre as amostras (em termos de valores), influenciando no posicionamento das mesmas, e com isso ocorrendo à migração das que estão no limite de dois grupos, ora para um lado ora para outro.

Portanto os resultados encontrados para a faixa do grupo I foram satisfatórios, pois se permitiu verificar a existência de uma proximidade entre estas amostras (em termos de valores) como também a existência de uma tendência entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico, constatando que os Requisitos tiveram um desempenho superior ao Tecnológico em todas as propriedades, ainda que estes valores fossem próximos uns dos outros.

Quanto ao grupo intermediário (grupo II), adotaram-se os mesmos procedimentos de avaliações, realizados no grupo I, para verificar a existência de tendências entre as respectivas amostras de cada propriedade contidas no grupo II. A Figura 4.47, Figura 4.48 e Figura 4.49 adiante, trazem estas informações sobre os valores e comportamentos de cada amostra dentro do grupo II.

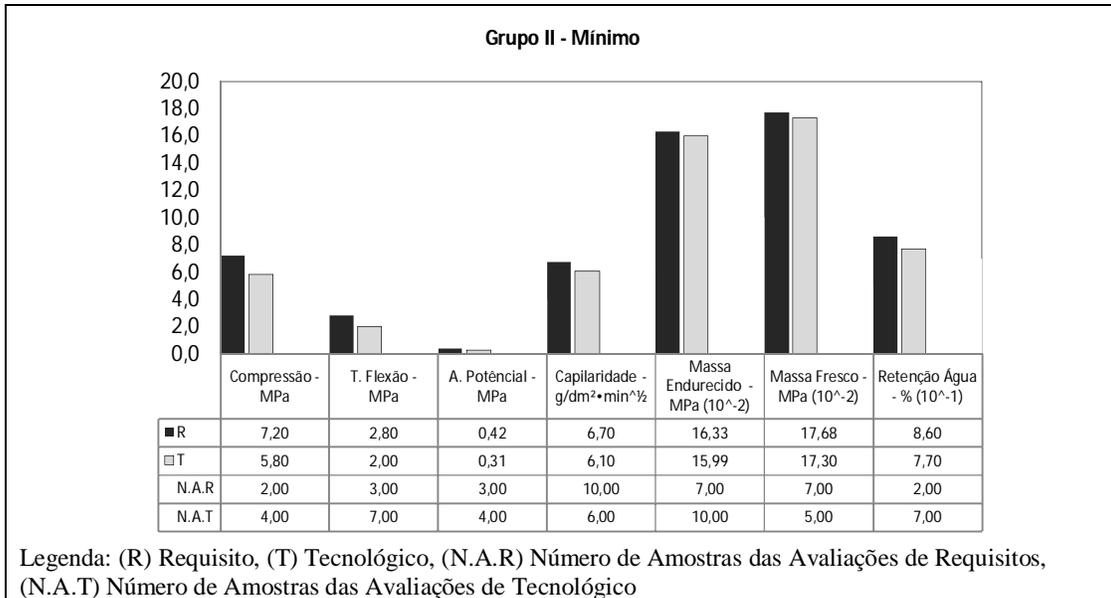


Figura 4.47 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II

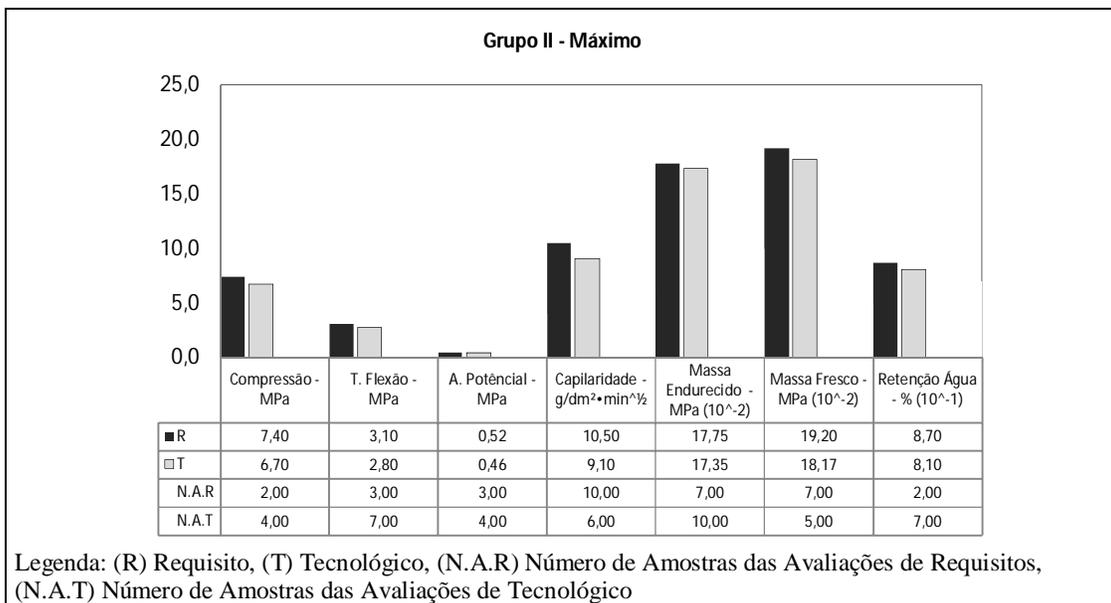


Figura 4.48 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II

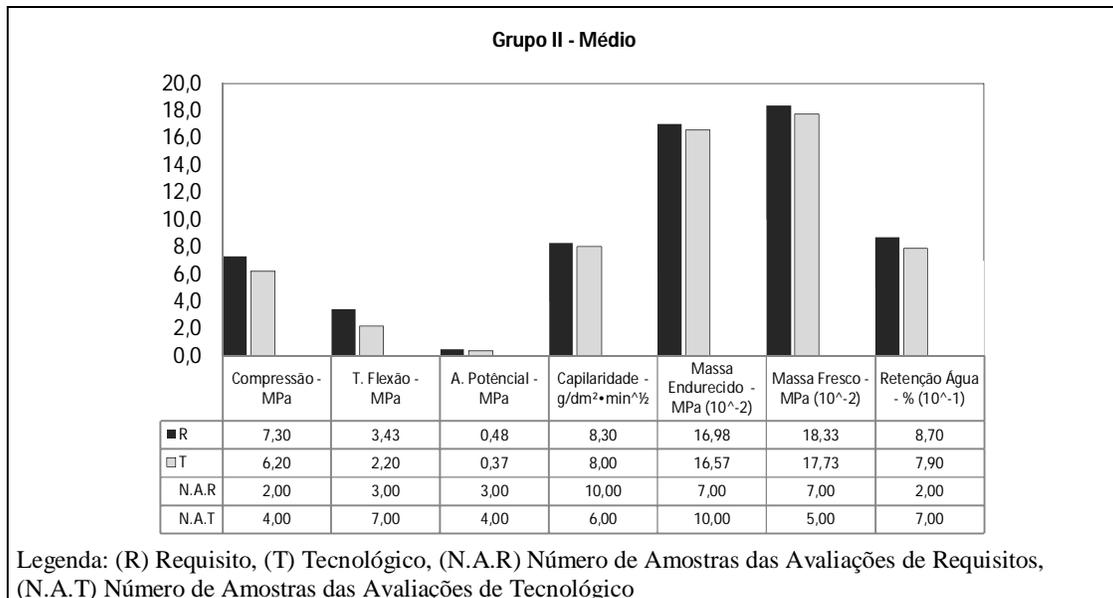


Figura 4.49 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo II

Observa-se, assim como no grupo I, que entre todos os valores (mínimo, máximo e médio) contidos no grupo II para cada propriedade analisada, não houve valores que apresentassem alguma distorção entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico conforme apresentado no gráfico da Figura 4.47, Figura 4.48 e Figura 4.49. Verifica-se também que entre estas propriedades analisadas, os valores sempre se mantem na mesma ordem, ou seja, os Requisitos foram sempre maiores que os Tecnológicos, e, diferente do grupo I, sem exceções. Como justificativa do por que os Requisitos serem ligeiramente maiores que os Tecnológicos, avaliaram-se, assim como no grupo I, as variáveis água de mistura, as amostras, as condições de preparo (local, temperatura e umidade), o fator operacional (mão de obra, prováveis erros no procedimento de confecção das argamassas, processo e tempo de mistura).

Entre todas estas variáveis supracitadas, apenas o processo de mistura e o tempo de mistura tiveram uma provável influência nos valores encontrados para as amostras, de cada propriedade, contidas no grupo II, visto que ambos são diferentes entre estas duas avaliações discutidas e comparadas, conforme apresentados na seção 3.5 e 3.6.

Quanto à quantidade de amostras distribuídas no grupo II, observa-se para a compressão que 02 estão nos Requisitos e 04 estão no Tecnológico. No mesmo raciocínio têm-se: para

Resistência a tração na flexão, 03 e 07; aderência potencial 03 e 04; Capilaridade 10 e 06; densidade de massa no estado endurecido 07 e 10; densidade de massa no estado fresco 07 e 05 e retenção de água 02 e 07. Portanto, entre todas as amostras analisadas que aparecem em cada propriedade, a maioria estão próximas umas das outras quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico. Diferentemente do grupo I ao qual houve duas exceções (resistência à tração na flexão e densidade de massa no estado endurecido), para o grupo II o número de amostras encontradas ficaram distribuídas aleatoriamente entre ambas as avaliações de Requisitos e Tecnológico. Como justificativa para estas distribuições, pode-se sugerir que foram em função do posicionamento das amostras que ficaram bem próximas umas das outras (em termos de valores), quanto às duas avaliações, ocorrendo a migração de uma amostra, ora para Requisito ora para Tecnológico, como também poderia ocorrer a migração destas amostras, com a mudança mínima em seus valores, ora para o grupo posterior ora para o grupo precedente, visto suas proximidades de valores.

Portanto os resultados encontrados para a faixa do grupo II Também foram, assim como no grupo I, satisfatórios, pois se permitiu verificar a existência de uma proximidade entre estas amostras (em termos de valores) como também a existência de uma tendência entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico (mostrados nos gráficos das figuras supracitadas), constatando que os Requisitos tiveram um desempenho superior ao Tecnológico em todas as propriedades, ainda que estes valores fossem próximos uns dos outros.

Para o último grupo (grupo III), não diferente dos dois primeiros, adotaram-se os mesmos procedimentos de avaliações, para verificar a existência de tendências entre as respectivas amostras de cada propriedade contidas no grupo III. A Figura 4.50, Figura 4.51 e Figura 4.52 adiante, trazem estas informações sobre os valores e comportamentos de cada amostra dentro do grupo III.

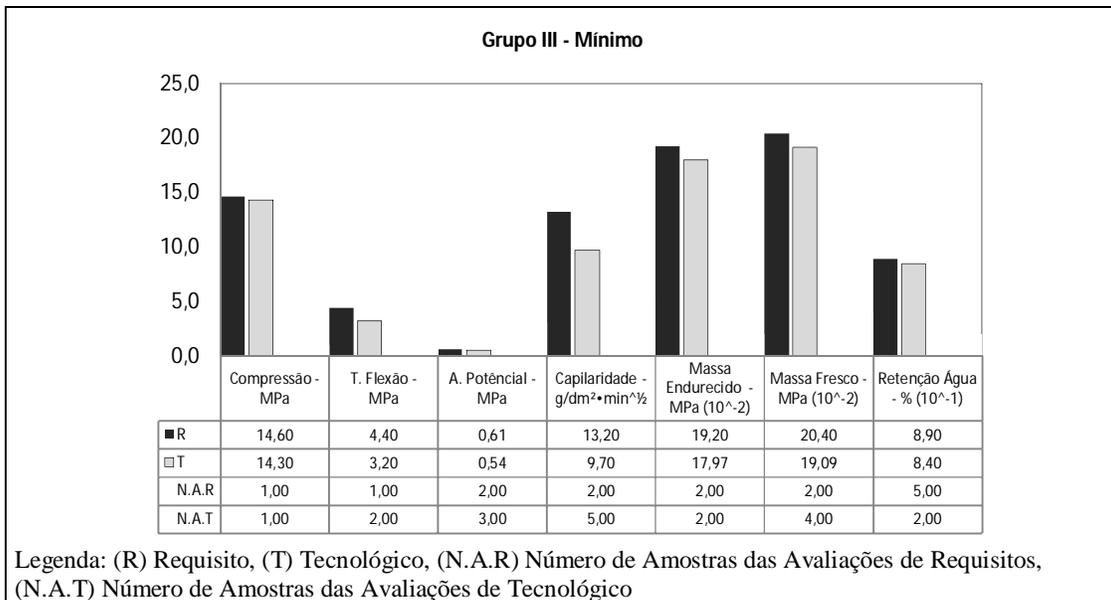


Figura 4.50 - Gráfico com os valores mínimos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III

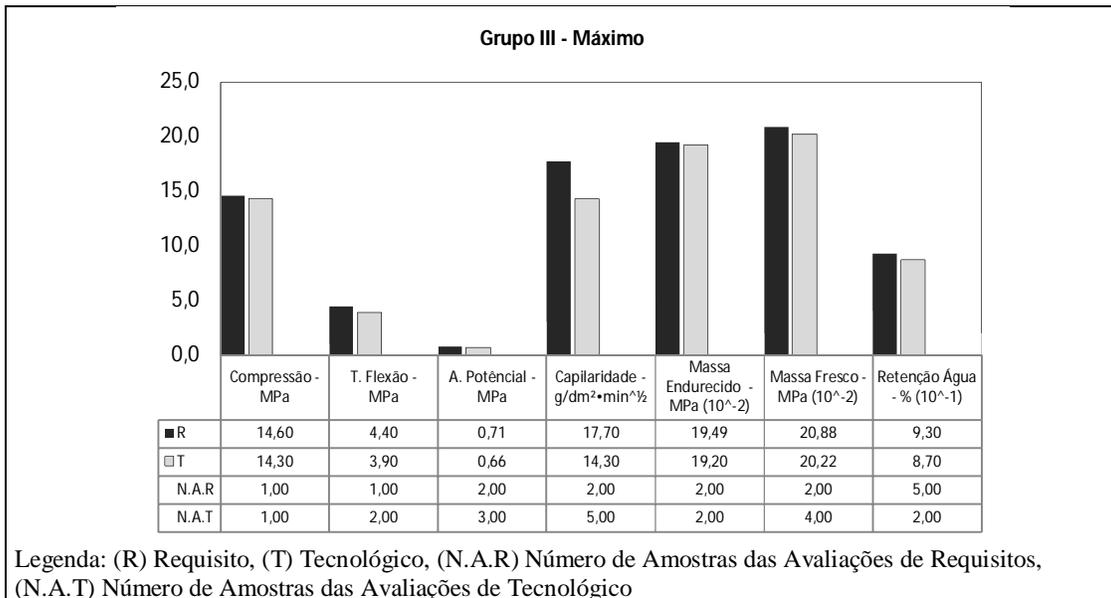


Figura 4.51 - Gráfico com os valores máximos de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III

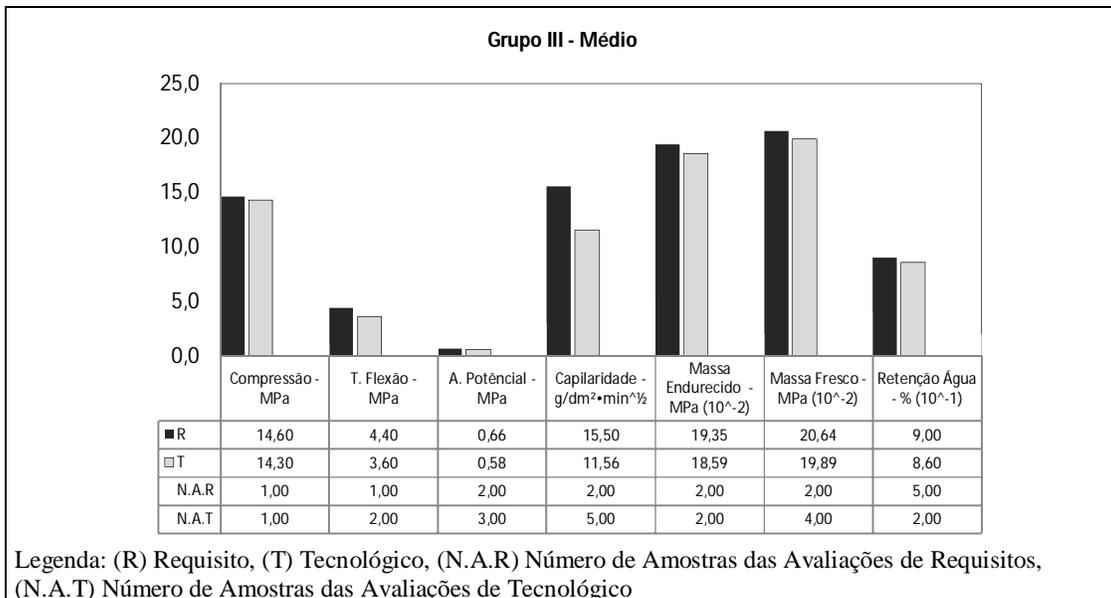


Figura 4.52 - Gráfico com os valores médios de cada propriedade para as amostras contidas no grupo III

Observa-se para o grupo III para os valores mínimo, máximo e médio, que, para cada propriedade analisada, todos os valores apresentaram-se próximos entre estas avaliações (Requisitos e Tecnológico), sendo que a única exceção foi para a propriedade de capilaridade (ocorrido também no grupo I) que apresentou, para os valores mínimos, 13,20 g/dm<sup>2</sup>·min<sup>1/2</sup> (Requisitos) e 9,70 g/dm<sup>2</sup>·min<sup>1/2</sup> (Tecnológico), ainda na mesma sequência, para os valores máximos, 17,70 e 14,30 g/dm<sup>2</sup>·min<sup>1/2</sup> e para os valores médios, 15,45 e 12,00 g/dm<sup>2</sup>·min<sup>1/2</sup>, conforme apresentado no gráfico da Figura 4.50, Figura 4.51 e Figura 4.52. Verifica-se também, que entre estas propriedades analisadas os valores sempre se mantem na mesma ordem assim como para o grupo II, ou seja, os Requisitos foram sempre maiores que os Tecnológicos. Como possível explicação do porque dos Requisitos serem ligeiramente maiores que os Tecnológicos, avaliaram-se, assim como no grupo I e II, algumas variáveis como: a água de mistura, as amostras, as condições de preparo (local, temperatura e umidade), o fator operacional (mão de obra e prováveis erros no procedimento de confecção das argamassas), além do processo e tempo de mistura.

Entre todas estas variáveis supracitadas, apenas o processo e o tempo envolvidos na mistura, tiveram uma provável influência nos valores encontrados para as amostras de cada propriedade, contidas no grupo III, visto que ambos são diferentes entre estas duas avaliações discutidas e comparadas.

Quanto à quantidade de amostras distribuídas no grupo III, observa-se para a compressão que 01 está no Requisito e 01 está no Tecnológico; no mesmo raciocínio têm-se: para Resistência a tração na flexão, 01 e 02; aderência potencial 02 e 03; Capilaridade 02 e 05; densidade de massa no estado endurecido 02 e 02; densidade de massa no estado fresco 02 e 04 e retenção de água 05 e 02. Portanto, entre todas as amostras analisadas que aparecem em cada propriedade, a maioria possui uma quantidade próxima das outras quanto às avaliações de Requisitos e Tecnológico. Diferentemente do grupo II, ao qual não houve exceções, para o grupo III houve uma mais discrepante para a retenção de água. Como justificativa para estas distribuições, pode-se sugerir, assim como para os grupos I e II, que foram em função do posicionamento das amostras que ficaram bem próximas umas das outras (em termos de valores), quanto às duas avaliações, ocorrendo a migração de uma amostra, ora para Requisito ora para Tecnológico, como também poderia ocorrer a migração destas amostras, com a mudança mínima em seus valores, ora para o grupo posterior ora para o grupo precedente, visto suas proximidades de valores.

Portanto os resultados encontrados para a faixa do grupo III foram, assim como no grupo I e II, satisfatórios, pois se permitiu verificar a existência de uma proximidade entre estas amostras (em termos de valores) como também a existência de uma tendência entre as avaliações de Requisitos e Tecnológico, constatando que os Requisitos tiveram um desempenho superior ao Tecnológico em todas as propriedades, ainda que estes valores fossem próximos uns dos outros.

#### **4.7.1 Susceptibilidade à fissuração**

Neste item serão analisados os critérios de susceptibilidade à fissuração de acordo com recomendações do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1982), em seguida serão analisados os resultados dos ensaios de reologia, depois serão apresentados e discutidos as relações entre as argamassas do Índice de Relação Tecnológico e Requisitos. Em sequência será avaliado a classificação das argamassas segundo critérios do CSTB.

O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1982) desenvolveu os critérios de susceptibilidade a fissuração para avaliar a fissuração de revestimentos de argamassa. Esta classificação foi desenvolvida pelos Franceses para serem empregadas nas condições climáticas daquele país. Os critérios de classificação da susceptibilidade a fissuração estão

divididos em três partes: valores menores que 0,7 mm/m ( $DI/I \leq 0,7$ ), valores entre 0,7 a 1,2 mm/m ( $0,7 < DI/I < 1,2$ ) e valores maiores que 1,2 mm/m ( $DI/I \geq 1,2$ ). Sendo “DI” a variação da retração aos 28 dias e “I” o comprimento do prisma (285 mm) utilizado nas avaliações. Deve-se ressaltar que para este critério de avaliação da fissuração, existem outros (conforme item 2.3.4), que nesta pesquisa não foram adotados.

A Tabela 4.12 traz os critérios de avaliação da susceptibilidade à fissuração das argamassas juntamente com os resultados da retração aos 28 dias

Tabela 4.12 - Critérios de avaliação da susceptibilidade a fissuração

Amostra	Retração 28 dias mm/m	Critérios de classificação	Classificação quanto à fissuração
A6	0,34	$DI/I \leq 0,7$	Baixa susceptibilidade
A10	0,36		Baixa susceptibilidade
A7	0,37		Baixa susceptibilidade
A1	0,47		Baixa susceptibilidade
A14	0,59		Baixa susceptibilidade
A2	0,65		Baixa susceptibilidade
A4	0,67		Baixa susceptibilidade
A9	0,83	$0,7 < DI/I < 1,2$	Média susceptibilidade
A12	0,93		Média susceptibilidade
A3	0,95		Média susceptibilidade
A8	1,00		Média susceptibilidade
A11	1,3	$DI/I \geq 1,2$	Alta susceptibilidade
A5	1,47		Alta susceptibilidade
A16	1,52		Alta susceptibilidade
A17	1,66		Alta susceptibilidade

Na avaliação das amostras quanto aos critérios de susceptibilidade à fissuração, observou-se que 47,0% das amostras estão classificadas dentro da faixa de baixa susceptibilidade a fissuração o que representa um número muito pequeno de amostras que, de acordo com esta classificação, terão um desempenho mínimo frente as solicitações a que as argamassas serão impostas; 26,5% apresentaram-se dentro da faixa de média susceptibilidade e 26,5% apresentaram-se dentro da faixa alta de susceptibilidade a fissuração. Para as argamassas que estão dentro da faixa de alta susceptibilidade a fissuração, observou-se, para a água de mistura, que estes valores estão um pouco elevados (média de 17% e pode ser justificado pela formulação da argamassa), mas não podem ser considerados como fator de influência direta da retração, visto que não diferem muito dos percentuais de água das amostras com menos retração (média de 16%). Com relação ao ar incorporado, observou-se também valores elevados para a faixa de alta susceptibilidade a fissuração, com uma média de 15% (evidenciando a influência direta dos incorporadores de ar) e, comparando-se com os menores valores da faixa (média 11%), pode-se dizer que o alto valor de ar provavelmente possa ter influenciado no fenômeno da retração. Silva, 2011 em suas pesquisas obteve-se resultados diferentes de ar incorporado, para elevadas retrações. Como possível justificativa para estes opostos podem ser as diferenças das argamassas utilizadas pelo pesquisador, que utilizou algumas amostras de argamassas mistas. Analisando uma terceira variável (teor de finos passante na peneira 0,075 mm) para a faixa de maior retração obteve-se uma média de 22% destes finos e para a faixa de menor retração obteve-se os mesmos 22% de média; podendo-se concluir que esta propriedade isolada, por si só (neste caso), não tem relação direta com os altos valores de retração. Deve-se ressaltar que existem outras variáveis envolvidas no fenômeno de retração, mas nesta avaliação foram escolhidas estas três julgadas, a princípio, como as mais importantes. Como uma possível explicação para este fenômeno, pode-se dizer que se deve ao fato das diferenças entre as argamassas com distintas formulações como cimento, areias e aditivos.

Para as condições climáticas de Brasília, onde se tem um clima muito quente e seco ao longo do ano, a indicação do critério empregado, seria o de baixa susceptibilidade a fissuração. Assim, somente as argamassas A1, A2, A4, A6, A7, A10 e A14 poderiam ser empregadas.

#### **4.8 CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO**

As argamassas foram analisadas quanto à susceptibilidade à fissuração pelo método desenvolvido pelo O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1982), 1982. A Tabela 4.13 traz as informações quanto esta classificação.

Tabela 4.13 - Classificação para argamassas de revestimento estabelecidas pelo CSTB (adaptado de Veiga, 1997) - Ensaios de Campo

Descrição	Capilaridade - Ci (kg/m <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )		Resistência à Tração - MPA		Dens. Massa Estado Endurecido - Kg/m <sup>3</sup>	Retenção de Água - %				
	C3	C1 ou C2	R ≥ R3	R ≥ R4		M5 A M6	U4	≥ U5		
A1	9,0		0,9		1568		79	Não aplicável em tempo muito quente o seco		
A2	8,7		1,4		1645		75			
A3	8,7		2,1	Muito exposta a choques	1621	Para revestimentos ceramicos colados	75			
A4	10,4		3,2		1636		75			
A5	4,4		2,4		1465		70			
A6	9,1		2,8		1797		84		Cumprimento mínimo exigido	
A7	12,1		1,3		1735		79			
A8	6,1		1,8		1645	Para aplicação em tempo frio	87		Cumprimento mínimo exigido	
A9	6,1		1,6		1392				77	
A10	0,1	Cumprimento mínimo exigido	3,9	Muito exposta a choques	1920		Para revestimentos ceramicos colados		81	Cumprimento mínimo exigido
A11	0,3		2,2		1645				86	
A12	9,7		2		1664				75	
A14	3,4	Cumprimento mínimo exigido	2	Muito exposta a choques	1599		Para revestimentos ceramicos colados		77	
A16	11,3		2,1		1681				76	
A17	14,3		1,4		1700				78	

Com valores de Capilaridade apresentados na Tabela 4.13, observou-se que apenas três das quinze amostras atenderam aos requisitos quanto às especificações mínimas para esta propriedade. A princípio, não se tem uma explicação plausível para estes resultados considerados aquém do mínimo exigido por esta classificação. Como hipótese a ser lançada, poderia ser o fato de não se ter uma norma nacional específica, que recomende os locais e condições de utilização para estas argamassas. O que existe hoje é uma norma com uma faixa extensa para apenas classificar estas argamassas. Para aplicação em fachadas exteriores (submetidas a chuvas), portanto, somente as argamassas A10, A11, A12 e A14 poderiam ser empregadas.

Para os valores de resistência à tração na flexão, onze amostras atenderam requisitos da classificação, podendo ser utilizadas em paredes muito exposta a choques e nove argamassas (A3 à A6, A10 à A12, A14 e A16) destas onze podem ser usadas para revestimentos cerâmicos colados.

Quanto à densidade de massa no estado endurecido, todas as argamassas foram classificadas podendo ser empregadas em tempo frio, todavia, este requisito não é expressivo para as nossas condições climáticas.

Nos valores de retenção de água, apenas quatro amostras (A6, A8, A10 e A11) foram aprovadas e onze não foram aprovadas (A1 à A5, A7, A9, A12, A14, A16 e A17) quanto aos requisitos do CSTB (1982) em aplicações gerais. Para condições de clima quente e seco, nenhuma argamassa foi aprovada. Estas argamassas somente poderiam ser empregadas em substratos pouco absorventes. Para utilização em nossas condições climáticas (quente e seco em sua maioria), apenas quatro (supracitadas) destas quinze argamassas possivelmente poderiam ser utilizadas. Com estes resultados encontrados nos ensaios, pode se relacionar, possivelmente, com a grande quantidade de patologias nas paredes das edificações como fissuras, trincas e descolamento dos rebocos, também relatados nos trabalhos de Antunes, 2010.

## 5 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como objetivo identificar as tendências e comportamentos das argamassas frente às avaliações de Requisitos e as avaliações de Tecnológicos.

Após a realização da pesquisa experimental (apresentação dos resultados e discussão), foi possível concluir, a respeito das avaliações de Requisitos e Tecnológicos, tendo como referencial às normatizações nacionais (NBR 13281 e auxiliares) e Internacionais, que, quanto a:

Amostra; através das amostras coletadas em diversos fabricantes de varias regiões do país (item 3.2), foi possível analisar as argamassas, mesmo com suas peculiaridades (em função de suas formulações), onde verificou-se a existência de tendências comportamentais entre estas amostras;

Caracterização da amostra anidra; através das amostras das argamassas anidras foram possíveis de se fazer diversas avaliações, entre elas o peneiramento, o gráfico da curva de distribuição granulométrica, a massa unitária, teor de finos passantes na peneira de malha 0,075 mm, módulo de finura e a visualização das areias das argamassas através de fotografias. Essas variáveis foram de grande valia, pois possibilitaram fazer comparações com outras propriedades envolvidas na pesquisa como, por exemplo, a compressão que foi comparada com o teor de finos passante na peneira 0,075mm e com o módulo de finura. A visualização das areias das argamassas permitiu avaliar suas características como também saber de suas origens (se de areia natural ou britada). Com a curva de distribuição granulométrica, foi possível saber o comportamento dos grãos das argamassas e como eles influenciaram nas propriedades mecânicas e físicas da norma de requisitos. Por exemplo, foi possível saber que a distribuição granulométrica dos grãos das argamassas A6 e A11, tiveram comportamentos diferenciados frente às demais amostras, onde foi possível verificar que elas influenciaram no maior consumo de água de dosagem tanto nas avaliações de Requisitos (22 e 21% para as amostras A6 e A11 respectivamente), quanto para as avaliações dos tecnológicos (22 e 19% para as amostras A6 e A11 respectivamente).

Metodologia; aplicada nas avaliações dos Requisitos pela norma ABNT NBR 13281:2005, dentro de uma padronização adotada (índice de consistência), alcançou-se o espalhamento ( $260 \pm 5$  mm) como critério pré-estabelecido e com isso sendo possível analisar as respostas

em cada uma das propriedades que fazem parte da norma supracitada, ou seja, os resultados alcançados para cada propriedade desta norma, em geral, se mostraram coerentes constatando que as avaliações em laboratório (Requisitos) podem servir de referenciais para outras avaliações (considerando argamassas semelhantes), como por exemplo, argamassas produzidas em campo (Tecnológico). É importante salientar que se não fosse adotado os requisitos da norma ABNT NBR 13281:2005 para esta pesquisa, em particular o espalhamento (pré-requisito), possivelmente poderia haver inconsistência na comparação dos resultados e conseqüentemente deixar alguma brecha para questionamento a respeito da pesquisa;

Aplicação da metodologia nas avaliações do Tecnológico foi realizada conforme prescrições da ABNT NBR 13281:2005 e como critério pré-estabelecido, aplicou-se a penetração estática de cone com uma faixa de 50 a 65 mm (que representa uma condição ideal de trabalhabilidade da argamassa), onde encontrou-se valores para cada propriedade, que possibilitaram concluir que as avaliações, foram satisfatórias (para uma mesma amostra) para analisar as argamassas confeccionadas em condições de campo tendo-se como referenciais às avaliações de Requisitos.

Na comparação entre os tipos de produção das argamassas (Requisitos e Tecnológicos), se mostraram eficientes, pois possibilitaram suas padronizações e com isso fazer as avaliações entre as propriedades dos Requisitos e Tecnológicos. Na pesquisa pôde-se observar que os resultados das avaliações ficaram de certa forma, próximos para todas as propriedades avaliadas, entre os três grupos. As exceções foram observadas para o grupo I (onde se encontram as argamassas de menores valores), onde houve diferença entre os valores médios, para as propriedades de resistência à tração na flexão (Requisitos, 2,0 Mpa e Tecnológico, 1,2 Mpa), aderência potencial (Requisitos 0,3 MPa e Tecnológico, 0,2 Mpa) e capilaridade (Requisitos  $1,9 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$  e Tecnológico,  $1,1 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ )

Na comparação entre as condições de laboratório (Requisitos) e campo (Tecnológico), onde as variáveis determinadas como padronização para as avaliações foram, o espalhamento para os Ensaio de Laboratório e a trabalhabilidade (fixada pelo cone) para os Ensaio de Campo, obtiveram-se diversos valores de acordo com cada propriedade. Com esses valores (médios) observou-se, para as propriedades mecânicas como a resistência a compressão, que os obtidos para as avaliações de Tecnológico foram cerca de 8% menores que as avaliações de

Requisitos; ainda com o mesmo raciocínio, para a resistência à tração na flexão, 13%, para aderência potencial 15%. Quanto às propriedades físicas, para capilaridade 6% (menor), densidade de massa no estado endurecido 1% (maior), retenção de água 6% (maior) e densidade de massa no estado fresco 3% (maior). Portanto, conclui-se nesta avaliação, quanto às propriedades mecânicas, que as avaliações de Requisitos foram menores que as dos Tecnológicos. Todavia, para as propriedades físicas, foram maiores para as avaliações Tecnológicas frente as dos Requisitos, com exceção a capilaridade. A provável justificada para estas distorções que envolvem as propriedades das argamassas avaliadas (Requisitos e Tecnológicos) foram sentidas em função do processo de produção das argamassas, onde envolveram diferentes misturas para ambas as avaliações (Processo de mistura já comentado nas conclusões).

Na comparação entre avaliações dos Requisitos e Tecnológicos, as definições efetuadas e adotadas nesta pesquisa, permitiram estabelecer tendências representativas da aplicação e desempenho das argamassas. Dessa forma os valores dessas tendências, comparando-se, neste caso, com as dos Requisitos, foram diferentes, porém relativamente próximas, o que era de se esperar, visto as diferenças envolvidas no processo de confecção de cada argamassa para cada situação. Através destas duas avaliações verificou-se para condição de aplicação em campo (Tecnológico), por mais que os resultados em sua maioria ficaram próximos, não podem ser representados pela condição de Requisitos, ou seja, as argamassas confeccionadas em campo produzem resultados diferentes em virtude das variáveis envolvidas no processo (quantidade de água na mistura, tipo e procedimento de mistura, etc.) e as argamassas confeccionadas em laboratório seguem padronizações espelhadas pela norma de requisitos fazendo-se com que apenas estas argamassas (Requisitos) sirvam de referências para outras com características similares. Portanto, deve-se ressaltar que os valores apresentados nesta pesquisa refletem a uma tendência exclusiva para esta amostra analisada, não devendo generalizar para outras amostras com diferentes comportamentos. Esta tendência de valores aqui expostos pode contribuir para futuros estudos de normatização quanto a projetos de sistemas de revestimento, visto dessa carência de referenciais que foi uma das dificuldades encontradas neste trabalho sendo que uma das poucas normas encontradas foi a CSTB.

Para a retração, conclui-se que, a perda de massa teve uma relação mais próxima com o fenômeno para valores menores que 0,93 mm/m e para propriedade de ar incorporado verificou-se certa tendência para retrações menores que 0,83mm/m. Entretanto, para os

valores maiores, as relações com o ar ficaram distorcidas, ou seja, neste caso não se pôde avaliar a retração simplesmente pela perda de água ou ar incorporado. Também foram avaliados a água utilizada na mistura e o teor de finos, todavia com estas variáveis a relação com a retração não foi satisfatória. Estas divergências envolvidas nas variáveis da retração, de certa modo, já era esperado, em virtude das argamassas serem de origens diferentes e de formulações diferentes

Quanto à divisão dos grupos: corresponderam as expectativas da pesquisa, pois com divisão das amostras em três grupos, foi possível direcioná-las de uma forma mais homogênea, ou seja, os valores das amostras ficaram mais próximos, o que possibilitou uma avaliação mais precisa das propriedades especificadas pela norma de requisitos e com isso foi possível evidenciar a existência de tendências e comportamentos entre as argamassas dos Requisitos e Tecnológicos. Observou-se também que os resultados das avaliações dos Requisitos para os três grupos, em sua maioria, ficaram maiores que as dos Tecnológicos. A exceção ficou para a capilaridade no grupo I, cujos resultados ficaram para os valores máximos 3,60 e 4,40  $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$  para os Requisitos e Tecnológicos respectivamente e para os valores médios 1,40 e 2,10  $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$  para os Requisitos e Tecnológicos respectivamente. Como provável justificativa encontrada para que os valores dos Requisitos fossem maiores que os valores dos Tecnológicos foi em virtude do processo de mistura e o tempo de mistura envolvidos nas metodologias adotadas para confecção das argamassas.

Quanto à quantidade de amostras contidas em cada grupo para cada propriedade: também atenderam as expectativas, pois se verificou que os resultados encontrados nos três grupos ficaram próximos em quase todas as argamassas. As exceções ficaram, para grupo I, com as propriedades de resistência à tração na flexão (11 e 6 amostras para os Requisitos e Tecnológicos respectivamente) e densidade de massa no estado endurecido (6 e 3 amostras para os Requisitos e Tecnológicos respectivamente). Para o grupo II não houve exceção e para o grupo III a exceção ficou para a propriedade de retenção de água com 5 e 2 amostras para os Requisitos e Tecnológicos respectivamente. Como justificativa para estas poucas distorções, pode-se dizer que foi em função do método empregado para divisão dos grupos que proporcionou uma maior proximidade entre as amostras (em termos de valores), influenciando no posicionamento das mesmas, e com isso ocorrendo à migração das amostras que estão no limite de dois grupos, ora para um lado ora para outro.

Para a classificação da susceptibilidade a fissuração: de acordo com as recomendações do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1982): foram encontrados valores para as três faixas desta classificação. Para a primeira (baixa susceptibilidade a fissuração) encontraram-se 47,0% das amostras, para segunda (média susceptibilidade) encontraram-se 26,5% das amostras e na última (alta susceptibilidade), 26,5%. Portanto observou-se que a quantidade maior de amostras estão em uma faixa que representa um menor desempenho. Observou-se também para as argamassas que ficaram dentro da faixa de alta susceptibilidade a fissuração, que os valores da água de mistura ficaram um pouco elevados (média de 17% e pode ser justificado pela formulação da argamassa), mas não puderam ser considerados como fator de influência direta da retração, visto não diferirem muito dos percentuais de água das amostras com menos retração (média de 16%) e pelo fato das argamassas possuírem peculiaridades diferentes como tipo de areia, cimento, entre outros. Com relação ao ar incorporado, observou-se também valores elevados para a faixa de alta susceptibilidade a fissuração, com uma média de 15% (evidenciando, neste caso, a influência dos incorporadores de ar na retração) e, comparando-se com os menores valores da faixa (média 11%), foi possível verificar que o alto valor de ar provavelmente possa ter influenciado no fenômeno da retração. Também observou-se para teor de finos passante na peneira 0,075 mm, que a faixa de maior retração obteve-se uma média de 22% destes finos e igualmente para a faixa de menor retração, onde foi concluído que esta propriedade isolada, por si só (neste caso), não teve relação direta com os altos valores de retração visto das diferentes formulações das argamassas que são influenciadas principalmente por aditivos.

Como conclusão, deve-se ressaltar que argamassas com os valores de média e alta susceptibilidade a fissuração, quando aplicadas, deve se ter cuidado principalmente em clima quente e seco como acontece na maioria das regiões do Brasil, em especial Brasília, caso contrário, estes revestimentos estarão sujeitos ao aparecimento de trincas e fissuras.

Quanto às avaliações de reologia: utilizados para as avaliações de viscosidade e escoamento, foi considerado relevante para os maiores valores que envolvem esta propriedade, sendo que para a viscosidade o maior valor encontrado foi 9158 cP e para a tensão de escoamento 787 cP que correspondem a argamassas especificadas para projeção e bombeamento. Possivelmente esses comportamentos são atribuídos às formulações de argamassas como o teor de finos, tipo de cimento além de uma possível influência maior do emprego de aditivos modificadores da viscosidade. Também se observou que os valores de cone não sofreram

variações significativas ao longo das variações (mínimas e máximas) da viscosidade e tensão de escoamento.

Portanto, para estes parâmetros, verifica-se que estes métodos de avaliações podem produzir respostas significativas, quanto a uma análise a princípio, de forma empírica, para o emprego de argamassas em condições diversas de aplicação (como exemplo, para projeção). Também como, exemplo, no futuro um fabricante pode utilizar os resultados dessas avaliações como parâmetro ou como prescrições (em seus produtos), associados a outros critérios, assim como recomendam a água de mistura nas embalagens das argamassas para se obter a trabalhabilidade ideal.

Para os substratos padrões foi observado que as avaliações do Tecnológico foram inferiores (cerca de 18%) em relação aos Requisitos (para os valores médios de aderência potencial) e, quando aplicados sobre os substratos de blocos cerâmicos esses valores foram ainda maiores (superiores a 100%). Portanto conclui-se que nas especificações de projeto, não é recomendável o projetista possa especificar uma argamassa com aderência, por exemplo, de 0,30 MPa (em condições de laboratório), visto da diferença significativa da mesma amostra para a condição de campo utilizando substrato padrão ou utilizando substrato de bloco cerâmico, ou seja, o projetista deve especificar a argamassa com uma margem maior de aderência, visto as distorções entre os substratos diferentes. Deste modo, não se pode generalizar os valores pelos substratos, visto que eles não representam fidedignidade quanto às condições de obra.

Quanto à avaliação de desempenho pelas recomendações do CSTB, conclui-se que para:

- 1) Capilaridade: entre todas as amostras analisadas, somente 20% atenderam ao quesito mínimo estabelecido pelos critérios do CSTB. Bauer, Filho (2013) encontraram, em outra pesquisa, valores elevados de capilaridade corroborando com esta pesquisa. Frente a estes fatos, conclui-se que existe a necessidade de melhorar o desempenho das argamassas e estabelecer critérios de norma (Norma Brasileira) para a capilaridade visto que hoje não existe nenhuma referência, e os materiais que existem hoje no mercado são passíveis de patologias quando em uso;
- 2) Resistência à tração na flexão: na resistência à tração na flexão observou-se para o critério genérico ( $R \geq R3$ ), que, 20% não atendem ao mínimo estabelecido pelo CSTB. Já

para assentamento de placas cerâmicas  $R \geq R_4$ , 40% das amostras não atendem a esses critérios. Também para este critério não existe um referencial de norma Brasileira para se balizar. Portanto a maioria das amostras avaliadas não atendem as recomendações de desempenho de algumas entidades internacionais, aqui pesquisadas, sendo estas amostras analisadas passíveis de patologias quando em uso;

3) Retenção de água: para esta propriedade 73% não atenderam ao critério mínimo estabelecido pelo CSTB (U4, substratos pouco absorventes); e nenhuma delas atende ao quesito para aplicação em clima quente (U5). Portanto conclui-se que a grande parte das argamassas produzidas em diversas regiões do Brasil não atenderam as recomendações desta entidade internacional (CSTB, 1993) e fazendo uma análise quanto às condições de utilização, a situação fica ainda mais preocupante visto o clima do Brasil ser muito quente e na maioria das regiões, principalmente na do Centro-Oeste, possui temperaturas elevadas acima de 30° C e umidade relativa do ar muito baixa (em determinadas épocas do ano menores que 20%). Muito provavelmente estas argamassas aqui avaliadas, que apresentaram um fraco desempenho, estarão sujeitas a patologias como descolamentos, trincas e fissuras.

## 5.1 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

- Replicar o estudo com maior número de amostras, visto que uma maior amostragem poderá melhorar, quanto às avaliações, uma visualização mais clara das tendências, além da representatividade em virtude com a quantidade maior de amostras;
- Avaliar as evoluções das argamassas, ao longo do tempo, quanto aos seus materiais constituintes e quanto ao seu desempenho, através das avaliações da norma ABNT NBR 13281:2005 que nesta pesquisa se mostraram satisfatórias para estas avaliações;
- Formular critérios de desempenho aplicados às condições brasileiras, visto que praticamente todos os critérios utilizados nesta pesquisa foram conseguidos em literaturas internacionais, onde os mesmos foram criados para atender as condições específicas locais de cada País, sendo necessária a criação de critérios próprios, adaptados ou especificados para as condições do Brasil;

- Abranger capilaridade e retração em avaliações das argamassas, ou seja, como sugestão incorporar à norma de requisitos a esses ensaios, visto suas importâncias e o fraco desempenho frente às normatizações internacionais realizados nesta pesquisa. Também seria de grande valia criar referenciais de desempenho para estas duas propriedades, pois existe uma carência de uma normatização Nacional para as mesmas.
- Esboçar um texto normativo auxiliar para o desenvolvimento de uma norma de projeto de sistemas de revestimento em argamassa

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 13276**, Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificações. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_. **NBR 15258**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. **NBR 15261**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2000.

*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil. ASTM d 4648*. EUA. 2010

*AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Mortar for Unit Masonry ASTM c270*. EUA 1999

*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry. ASTM c780*. EUA. 2012

*BSI (1986) - " Mortar admixtures. Specification for air-entraining (plasticizing) admixtures ". BS 4887. London:British Standards Institution*

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassa de revestimento**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2002, 174p.

ANGELIM, R., et al. Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa. In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - SBTA**, São Paulo/SP, Junho, 2003, pág. 241-251.

ANGELIM, R. R. **Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos no comportamento das argamassas de revestimentos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

ANTUNES, G. R. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília –Sistematização da Incidência de Casos** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2010, 166p

ARAÚJO, G.A.B. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995, 105p.

ARAÚJO, J. M. **Contribuição ao Estudo das Propriedades Físico Mecânicas das Argamassas de Revestimento** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004, 175p.

AUSTIN, S.; A; ROBINS, P. J; GOODIER, C. I. The rheological performance of wet-process sprayed mortars. **Magazine of Concrete Research**, v. 51, n. 5, p. 341 – 352, outubro, 1999.

BAÍA, L.L.M. e SABBATINI, F.H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** O Nome da Rosa, São Paulo, 2004.

*BARNES, H. A. & NGUYEN, Q. D. Rotating vane rheometry – a review. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, n. 98, p. 1 – 14, junho, 2001*

BARROS, M. M. S. B. SILVA, R. P, PILEGGI, R. G, JOHN, V. M M.. **Avaliação do comportamento da argamassa no estado fresco através dos métodos de mesa de consistência, dropping ball e squeeze flow.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2005, Florianópolis. Anais. Brasília: UFSC/SBTA, 2005. 15.p.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001, 172p.

BAUER, E.; CORTEZ, I. M. M. **Compósitos à base de fibras sintéticas em argamassas para revestimento na prevenção da fissuração.** . In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, IV, Brasília-DF. Anais... ANTAC, 2001, p. 89-100.

BAUER, E.; FEITOSA, C. P.; FILHO, H. R.; ALMEIDA, P. O. **Análise comparativa dos requisitos e do desempenho das argamassas de revestimento empregadas em obras do Distrito Federal.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, X, Fortaleza-CE. Anais, 2013. Apresentação oral.

BAUER, E.; SANTOS, C. C. N.; MORAIS, D. M.; PEREIRA, C. H. A. F. **Avaliação da consistência das argamassas industrializadas projetadas utilizando o método vane.** e-Mat – Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil, v. 2, n. 1, p. 54-63, 2005.

BAUER, E.; SOUSA, J. G. G.; GUIMARÃES, E. A.; SILVA F. G. **Study of the laboratory Vane test on mortars.** *Building and Environment*, v. 42, p. 86-92, 2007.

BAUER, E. **Relatório Técnico: nº. 08110215-b.** Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

BAUER, E.; **Relatório Técnico nº 13030.** (Definição de Referenciais Para Produção das Argamassas).Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

BENINGFIELD, N. *Air entrainment of mortar.* In: **8<sup>th</sup> International Brick/Block Masonry Conference Ireland**, UK, 1988a. p.118-130.

BORTOLUZZO, C.W. **Correlações entre as propriedades mecânicas em argamassas mista e aditivadas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1999, Vitória. Anais. Brasília: UFES/ANTAC, 1999. v.1, p.203 –217.

BORTOLUZZO, C. W.; LIBORIO, J. B. L.. **Determinação das tensões devidas à retração impedida em argamassas de revestimento.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, III., 1999, Vitória. Anais... Vitória: ANTAC, 1999. p. 125-136

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo(SP), 1996, 285p

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, IV**, Brasília-DF. Anais... ANTAC, 2001, p. 43-67.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

*CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation – Cahier MERUC. Livraison 341, cahier 2669-3, juillet-août 1993. Paris.*

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de Revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: IPT, 1995 (Boletim 68).

*COLEN, F. Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. Tese Douturamento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009, volume 1, 487p*

CORTEZ, I.M.M. **Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento com a incorporação de fibras sintéticas.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 1999, 215p.

DO Ó, S. W. **Análise da retenção de água em argamassas de revestimentos aditivadas.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004, 173p.

FERREIRA, B. B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados** Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010. P192.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – Estudo de caso.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004, 148p.

GOMES, A.M.; NERO, J.M.G.; APPLETON, J.A.S. **Novo método para a avaliação da trabalhabilidade e consistência das argamassas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I. Goiânia: Anais, 1995. p.83-91.

*HAMMER, T. A. Deformations, strain capacity and cracking of concrete in plastic and early hardening phases. Noruega, 2007, 160 p. Tese (Doutorado) – Norwegian University of Science and Technology.*

*INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES (RILEM). MR-3: The Complex Workability – Consistence – Plasticity. Bagnaux, France, 1982*

*KRONLÖF, A.; LEIVO M.; SIPARI, P. Experimental study on basic phenomena of shrinkage and cracking of fresh mortar. **Cement and Concrete Research**, v. 25, n. 8, p. 1747-1754, 1995.*

**MACIEL, L. L. O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada.** . Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 372p.

*MITANI, H. Variations volumiques des matrices cimentaires aux très jeunes âges: approche expérimentale des aspects physiques et microstructuraux. França, 2003, 182 p. Tese (Doutorado) – École Nationale des Ponts et Chaussées.*

**NAKAKURA, E. H. Análise e classificação das argamassas industrializadas segundo a NBR 13281 e a MERUC.** Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 198p.

NGUYEN, N. Q; BOGER, D. V. Direct yield stress measurement with the vane method. **Journal of Rheology**, vol.29, no. 3, 1985, p.335-347

**OLIVEIRA, J. A. C. Contribuição ao estudo do comportamento mecânico dos sistemas de revestimento à base de argamassa modificados com polímeros de base látex,** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 1999.

**POSSER, N.D. Proporcionamento de argamassas de reboco de recuperação.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004, 180p.

*RAMACHANDRAN, V. M. **Concrete admixtures handbook.** Noyes Publications, New York, 1984.*

*RAVINA, D. Early longitudinal dimensional changes of fresh fly ash mortar exposed to drying conditions. **Cement and Concrete Research**, v. 16, n. 6, p. 902-910, 1986.*

SAAK, A. W.; JENNINGS, H. M. ; SHAH, S. P. *The influence of wall slip on yield stress and viscoelastic measurements of cement past. **Cement and Concrete Research**, vol 31, 2001, p. 205-212.*

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassa de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989, 227p.

SILVA, D. A. **Efeitos dos polímeros HEC e EVA na microestrutura de pastas de cimento Portland.** Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. 246p.

SILVA, N. G.; COLLODETTI, G.; PICHETTI, D. Z. C. M.; GLEIZE, P. H. P. **Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 51, Curitiba-PR. Anais... IBRACON, 2009, 14 p.

SILVA, N. G. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica.** Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. 329p

TAMIN, P. F. *Étude du comportement mécanique des revêtements de façade. Enduits. França, 1986. Tese (Doutorado). École Nationale des Ponts et Chaussées.*

VEIGA, M. R. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes - contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação.** Tese (Doutorado) – Laboratório Nacional da Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 1998, 458p.

## **APÊNDICES**

Apêndice A

Tabela A.1- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A7 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1		54,12	0,00*				
2	860	53,82	0,38	100			
3	890	53,21	0,40		100		
4	910	53,95	0,40		100		
5	840	53,67	0,37		100		
6	830	53,88	0,36		100		
7	970	53,58	0,43		100		
8	767	54,06	0,33		100		
9	920	54,06	0,40		100		
10	680	53,98	0,30		100		
<i>MÉDIA</i>			0,37				
<p>Onde:</p> <p>S é a ruptura na superfície da argamassa;</p> <p>S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;</p> <p>A é a ruptura na argamassa;</p> <p>F é a falha na colagem da peça metálica.</p>							

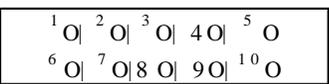


Tabela A.2- Resistência Potencial de Aderência Blocos (28 Dias) Amostra A7

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	116	54,03	0,05*		100		
2	288	53,71	0,13*		100		
3	165	53,51	0,07		100		
4	332	53,59	0,15*		100		
5	415	53,48	0,18*	100			
6	0	53,5	0,00*		100		
7	283	53,51	0,13*		100		
8	103	53,7	0,05*		100		
<i>MÉDIA</i>			0,07				
<p>Onde:</p> <p>S é a ruptura na superfície da argamassa;</p> <p>S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;</p> <p>A é a ruptura na argamassa;</p> <p>F é a falha na colagem da peça metálica.</p>							

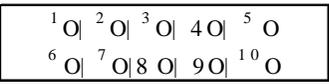


Tabela A.3- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A7 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	785	51,12	0,38*		100		
2	575	53,82	0,25	100			
3	415	53,31	0,19	100			
4	575	53,95	0,25	100			
5	435	53,67	0,19	100			
6	525	53,88	0,23	100			
7	530	53,58	0,24	100			
8	675	54,06	0,29	100			
9	360	54,06	0,16*	100			
10	475	53,98	0,21	100			
<i>MÉDIA</i>			0,23				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.4- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A3 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	129	51,59	0,06		100		
2	113	51,45	0,05		100		
3	31	51,9	0,01*		100		
4	177	51,5	0,08*		100		
5	163	52,01	0,08*		100		
<i>MÉDIA</i>			0,06				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.5- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A3 (Ensaio Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	755	51,6	0,36		100		
2	610	51,65	0,29		100		
3	510	51,45	0,25		100		
4	480	51,48	0,23		100		
5	500	51,7	0,24	100			
6	685	51,63	0,33		100		
7	775	54,47	0,33		100		
8	595	51,39	0,29		100		
9	685	51,66	0,33		100		
10	460	51,55	0,22		100		
<i>MÉDIA</i>			0,29				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.6- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A4 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	625	51,55	0,30	100			
2	667	51,35	0,32	100			
3	694	51,75	0,33		100		
4	579	52,03	0,27	100			
5	496	51,8	0,24	100			
6	696	51,88	0,33		100		
7	778	51,53	0,37		100		
8	625	51,04	0,31	100			
9	624	51,06	0,30		100		
10	632	51,98	0,30	100			
<i>MÉDIA</i>			0,31				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.7- Resistência Potencial de Aderência Bloco Cerâmico (28 Dias) Amostra A4

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	395	51,72	0,19*		100		
2	265	51,36	0,13	100			
3	215	51,53	0,10	100			
4	325	51,41	0,16*	100			
5	260	50,54	0,13	100			
6	210	50,87	0,10	100			
7	65	51,85	0,03*	100			
8	120	52,04	0,06*	100			
<i>MÉDIA</i>			0,12				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.8- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A4 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1350	54,12	0,59		100		
2	635	54,4	0,27*		100		
3	1300	54,44	0,56		100		
4	1570	53,61	0,70*		100		
5	1215	54,61	0,52	100			
6	1175	54,12	0,51		100		
7	1440	54,65	0,61		100		
8	1190	54,6	0,51		100		
9	1410	564,41	0,01*		100		
10	1205	54,48	0,52		100		
<i>MÉDIA</i>			0,54				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.9- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A6 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	737	53,95	0,32*		100		
2	667	52,83	0,30*	100			
3	430	53,75	0,19	100			
4	622	52,78	0,28*	100			
5	200	53,4	0,09*	100			
6	194	53,28	0,09*	100			
7	187	54,55	0,08*	100			
8	199	52,05	0,09*	100			
<i>MÉDIA</i>			0,19				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O   <sup>2</sup> O   <sup>3</sup> O   <sup>4</sup> O   <sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O   <sup>7</sup> O   <sup>8</sup> O   <sup>9</sup> O   <sup>10</sup> O

Tabela A.10- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A6 (Ensaio de Laboratório)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	649	53,27	0,29*	100			
2	905	53,53	0,40*	100			
3	941	52,94	0,43*	100			
4	771	53,24	0,35*	100			
5	851	53,23	0,38*	100			
6	917	53,44	0,41*	100			
7	840	53,19	0,38*	100			
8	0	60	0,00*	100			
9	857	53,24	0,38*	100			
10	804	53,28	0,36	100			
<i>MÉDIA</i>			0,36				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O   <sup>2</sup> O   <sup>3</sup> O   <sup>4</sup> O   <sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O   <sup>7</sup> O   <sup>8</sup> O   <sup>9</sup> O   <sup>10</sup> O

Tabela A.11- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A5 (Ensaio de Laboratório)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	377	54,66	0,16	100			
2	526	54,94	0,22	100			
3	527	54,82	0,22	100			
4	568	54,97	0,24	100			
5	632	54,99	0,27	100			
6	366	54,96	0,15*	100			
7	591	54,96	0,25	100			
8	526	54,94	0,22	100			
9	676	54,99	0,28	100			
10	531	54,95	0,22	100			
<i>MÉDIA</i>			0,23				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O   <sup>2</sup> O   <sup>3</sup> O   <sup>4</sup> O   <sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O   <sup>7</sup> O   <sup>8</sup> O   <sup>9</sup> O   <sup>10</sup> O

Tabela A.12- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A5

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1							
2	142	54,62	0,06	100			
3							
4							
5							
6							
7							
8							
<i>MÉDIA</i>			0,06				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O   <sup>2</sup> O   <sup>3</sup> O   <sup>4</sup> O   <sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O   <sup>7</sup> O   <sup>8</sup> O   <sup>9</sup> O   <sup>10</sup> O

Tabela A.13- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A5 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	625	53,36	0,28*	100			
2	255	53,83	0,11	100			
3	250	54,09	0,11	100			
4	365	53,89	0,16	100			
5	245	54,61	0,10	100			
6	620	53,98	0,27*	100			
7	180	54,62	0,08*	100			
8	350	54,75	0,15	100			
9	265	54,71	0,11	100			
10	260	54,67	0,11	100			
<i>MÉDIA</i>			0,12				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.14- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A11 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	465	53,07	0,21		100		
2	420	52,89	0,19		100		
3	685	53,13	0,31		100		
4	845	53,90	0,37*		100		
5	875	54,33	0,38*		100		
6	465	53,95	0,20		100		
7	545	53,71	0,24		100		
8	610	52,96	0,28		100		
9	615	53,52	0,27		100		
10	545	53,93	0,24		100		
<i>MÉDIA</i>			0,24				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.15- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A11

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	560	53,88	0,25		100		
2	535	53,83	0,24		100		
3	605	53,63	0,27		100		
4	620	53,69	0,27		100		
5	740	53,29	0,33	100		100	
6	500	53,59	0,22			100	
7	665	53,85	0,29			100	
8	650	53,8	0,29			100	
<i>MÉDIA</i>			0,27				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.16- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A11 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	920	54,54	0,39		100		
2	1105	54,61	0,47*		100		
3	1130	54,71	0,48*		100		
4	760	54,88	0,32		100		
5	540	54,10	0,23		100		
6	960	54,73	0,41		100		
7	1015	54,37	0,44*		100		
8	765	54,80	0,32		100		
9	1090	54,79	0,46*		100		
10	1050	54,93	0,44*		100		
<i>MÉDIA</i>			0,34				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.17- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A1 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	435	46,54	0,26	100			
2	430	47,03	0,25	100			
3	465	47,42	0,26	100			
4	390	46,90	0,23	100			
5	415	45,16	0,26	100			
6	680	46,4	0,40*	100			
7	410	47,21	0,23	100			
8	420	46,52	0,25	100			
9	375	48,24	0,21	100			
10	310	48,07	0,17*	100			
<i>MÉDIA</i>			0,24				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.18- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A1 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	500	52,10	0,23	100			
2	445	51,25	0,22	100			
3	490	50,92	0,24	100			
4	430	50,37	0,22	100			
5	610	52,16	0,29	100			
6	705	51,77	0,33	100			
7	550	51,84	0,26	100			
8	675	51,37	0,33	100			
9	515	51,83	0,24	100			
10	560	51,70	0,27	100			
<i>MÉDIA</i>			0,26				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.19- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A2 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	455	54,2	0,20		100		
2	785	53,5	0,35		100		
3	682	53,12	0,31		100		
4	818	53,14	0,37*		100		
5	675	53,19	0,30		100		
6	807	54,09	0,35		100		
7	636	53,85	0,28		100		
8	661	54,09	0,29		100		
9	520	53,54	0,23		100		
10	180	53,45	0,08*		100		
<i>MÉDIA</i>			0,29				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.20- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A2

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	442	52,23	0,21		100		
2	214	52,27	0,10*		100		
3	405	52,69	0,19		100		
4	207	52,06	0,10*		100		
5	422	51,1	0,21	100		100	
6	302	51,33	0,15			100	
7	302	50,67	0,15			100	
8	361	50,51	0,18			100	
<i>MÉDIA</i>			0,18				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.21- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A2 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	295	54,2	0,13*		100		
2	650	53,5	0,29		100		
3	500	53,12	0,23		100		
4	485	53,14	0,22		100		
5	520	53,19	0,23		100		
6	480	54,09	0,21		100		
7	535	53,85	0,23		100		
8	440	54,09	0,19*		100		
9	475	53,54	0,21		100		
10	635	53,45	0,28		100		
<i>MÉDIA</i>			0,24				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.22- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A9 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	675	50,26	0,34	100			
2	640	51,55	0,31		100		
3	795	51,13	0,39*	100			
4	560	52,42	0,26		100		
5	470	52,84	0,21		100		
6	505	51,94	0,24		100		
7	615	52,53	0,28		100		
8	715	50,8	0,35	100			
9	645	52,53	0,30		100		
10	525	51,42	0,25		100		
<i>MÉDIA</i>	615	51,74	0,28				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.23- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A9

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	270	49,16	0,14	100			
2	275	50,03	0,14		100		
3	330	48,74	0,18	100			
4	245	50,88	0,12		100		
5	245	49,05	0,13	100			
6	335	50,84	0,17		100		
7	330	49,13	0,17		100		
8	235	50,53	0,12		100		
<i>MÉDIA</i>			0,15				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | <sup>4</sup> O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | <sup>8</sup> O | <sup>9</sup> O | <sup>10</sup> O

Tabela A.24- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A9 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	798	53,24	0,36	100			
2	595	53,34	0,27		100		
3	663	53,37	0,30	100			
4	714	53,14	0,32		100		
5	743	53,37	0,33		100		
6	725	53,54	0,32		100		
7	537	53,38	0,24		100		
8	747	53,25	0,34	100			
9	589	53,01	0,27		100		
10	530	53,16	0,24		100		
<i>MÉDIA</i>	664	53,28	0,30				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | <sup>4</sup> O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | <sup>8</sup> O | <sup>9</sup> O | <sup>10</sup> O

Tabela A.25- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A8 (Ensaio de Laboratório)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	884	54,25	0,38	100			
2	952	52,78	0,44			100	
3	1100	54,47	0,47		100		
4	925	53,63	0,41	100			
5	1064	54,57	0,45		100		
6	858	54,38	0,37	100			
7	913	54,44	0,39		100		
8	856	53,8	0,38		100		
9	818	53,16	0,37	100			
10	1100	53,2	0,49		100		
<i>MÉDIA</i>			0,42				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.26- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A8

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	251	51,03	0,12*		100		
2	343	50,71	0,17		100		
3	375	49,51	0,19		100		
4	302	50,59	0,15		100		
5	442	51,48	0,21	100		100	
6	322	50,69	0,16			100	
7	448	51,51	0,21			100	
8	422	51,70	0,20			100	
<i>MÉDIA</i>			0,19				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.27- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A8 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	470	50,12	0,24	100			
2	435	51,21	0,21			100	
3	530	51,78	0,25		100		
4	535	50,96	0,26	100			
5	440	50,90	0,22		100		
6	505	50,98	0,25	100			
7	370	51,15	0,18		100		
8	650	50,64	0,32*		100		
9	500	51,44	0,24	100			
10	545	49,96	0,28		100		
<i>MÉDIA</i>			0,24				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.28- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A12 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1636	53,8	0,72		100		
2	1410	53,8	0,62		100		
3	1083	53,6	0,48		100		
4	1150	53,4	0,51		100		
5	1580	53,6	0,70		100		
6	1598	53,5	0,71		100		
7	1250	53,9	0,55		100		
8	1515	53,9	0,66		100		
9	1207	53,8	0,53		100		
10	1501	53,92	0,66		100		
<i>MÉDIA</i>			0,61				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.29- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A12

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO (mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1							
2	85	51,68	0,04		100		
3							
4							
5							
6							
7							
8							
<i>MÉDIA</i>			0,04				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | <sup>4</sup> O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | <sup>8</sup> O | <sup>9</sup> O | <sup>10</sup> O

Tabela A.30- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A12 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA (N)	DIÂMETRO (mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	731	53,9	0,32		100		
2	866	54,0	0,38		100		
3	1060	54,0	0,46		100		
4	1032	53,7	0,46		100		
5	860	53,8	0,38		100		
6	1260	53,9	0,55*		100		
7	909	53,9	0,40		100		
8	681	54,0	0,30		100		
9	978	53,8	0,43		100		
10	821	53,88	0,36		100		
<i>MÉDIA</i>			0,39				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | <sup>4</sup> O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | <sup>8</sup> O | <sup>9</sup> O | <sup>10</sup> O

Tabela A.31- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A 14 (Ensaio de Laboratório)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1520	53,12	0,69	100			
2	1430	53,15	0,64			100	
3	1750	53,47	0,78		100		
4	1635	53,15	0,74	100			
5	1995	54,08	0,87		100		
6	1360	52,73	0,62	100			
7	1535	53,89	0,67		100		
8	1645	53,93	0,72		100		
9	1715	53,58	0,76	100			
10	1400	54,18	0,61		100		
<i>MÉDIA</i>			0,71				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.32- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A14

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	885	54,05	0,39*	100			
2	645	54,02	0,28	100			
3	995	54,46	0,43*		100		
4	735	54,20	0,32		100		
5	530	54,05	0,23		100		
6	580	53,93	0,25		100		
7	505	53,92	0,22	100			
8	495	54,01	0,22	100			
<i>MÉDIA</i>			0,25				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.33- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A14 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1620	53,12	0,73		100		
2	1550	53,15	0,70		100		
3	1445	53,47	0,64		100		
4	1445	53,15	0,65		100		
5	1590	54,08	0,69		100		
6	1470	52,73	0,67		100		
7	1385	53,89	0,61		100		
8	1705	53,93	0,75		100		
9	1200	53,58	0,53		100		
10	1410	54,18	0,61		100		
<i>MÉDIA</i>			0,66				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.34- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A10 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1031	54,86	0,44		100		
2	589	54,80	0,25*		100		
3	664	54,68	0,28		100		
4	763	54,61	0,33		100		
5	814	54,64	0,35		100		
6	899	54,77	0,38		100		
7	688	54,82	0,29		100		
8	902	54,89	0,38		100		
9	1306	54,84	0,55*		100		
10	989	54,70	0,42		100		
<i>MÉDIA</i>			0,36				

Onde:  
S é a ruptura na superfície da argamassa;  
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;  
A é a ruptura na argamassa;  
F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O | <sup>2</sup> O | <sup>3</sup> O | 4 O | <sup>5</sup> O  
<sup>6</sup> O | <sup>7</sup> O | 8 O | 9 O | <sup>10</sup> O

Tabela A.35- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A 10

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	426	54,75	0,18		100		
2	49	54,24	0,02		100		
3	40	55,19	0,02		100		
4	0	55,00	0,00		100		
5	406	54,28	0,18	100		100	
6	474	54,07	0,21			100	
7	406	54,24	0,18			100	
8	626	54,16	0,27			100	
<i>MÉDIA</i>			0,13				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.36- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A 10 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1545	54,86	0,65*		100		
2	1210	54,8	0,51		100		
3	1185	54,68	0,50		100		
4	1355	54,61	0,58		100		
5	1200	54,64	0,51		100		
6	1315	54,77	0,56		100		
7	0	54,82	0,00*		100		
8	1220	54,89	0,52		100		
9	1515	54,84	0,64		100		
10	1270	54,7	0,54		100		
<i>MÉDIA</i>			0,55				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.37- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A15 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	2715	54,50	1,16	100			
2	2645	54,59	1,13			100	
3	2890	54,39	1,24		100		
4	2120	54,64	0,90*	100			
5	2585	54,58	1,10		100		
6	3555	54,83	1,51	100			
7	3330	54,93	1,41		100		
8	3040	54,80	1,29		100		
9	3475	54,73	1,48	100			
10	4120	53,98	1,80*		100		
<b>MÉDIA</b>	3048		1,29				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.38- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A15 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	2710	54,71	1,15	100			
2	2020	54,55	0,86			100	
3	2115	54,65	0,90		100		
4	2765	54,54	1,18	100			
5	2975	54,4	1,28		100		
6	2500	54,52	1,07	100			
7	2745	54,55	1,17		100		
8	2570	54,58	1,10		100		
9	2560	54,43	1,10	100			
10	2295	54,45	0,99		100		
<b>MÉDIA</b>	2526		1,08				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.39- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A16 (Ensaio de Campo)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	715	54,56	0,31	100			
2	880	54,79	0,37			100	
3	660	54,48	0,28		100		
4	990	54,68	0,42*	100			
5	800	54,56	0,34		100		
6	635	54,63	0,27	100			
7	500	54,59	0,21		100		
8	465	54,64	0,20*		100		
9	790	54,63	0,34	100			
10	430	54,65	0,18*		100		
<b>MÉDIA</b>	687	55	0,30				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.40- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A16

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	165	54,23	0,07		100		
2	105	54,18	0,05*		100		
3	150	53,82	0,07		100		
4	195	53,75	0,09		100		
5	0						
6	0						
7	0						
8	0						
<b>MÉDIA</b>			0,07				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.41- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A 16 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	900	54,6	0,38	100			
2	1310	54,66	0,56			100	
3	1090	54,64	0,46		100		
4	1510	54,55	0,65	100			
5	1140	54,75	0,48		100		
6	1115	54,67	0,47	100			
7	1480	54,69	0,63		100		
8	1095	54,51	0,47		100		
9	1220	54,75	0,52	100			
10	1240	54,61	0,53		100		
<i>MÉDIA</i>	1210	55	0,52				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.42- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A 17 (Ensaio de Campo)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1135	54,78	0,48	100			
2	615	54,79	0,26*			100	
3	870	54,68	0,37		100		
4	1480	54,68	0,63*	100			
5	1340	54,58	0,57		100		
6	1105	54,63	0,47	100			
7	715	54,75	0,30*		100		
8	1175	54,59	0,50		100		
9	1000	54,84	0,42	100			
10	965	54,59	0,41		100		
<i>MÉDIA</i>	1040		0,46				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.43- Resistência Potencial de Aderência Bloco (28 Dias) Amostra A17

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	65	54,03	0,03*		100		
2	0	0					
3	0	0					
4	0	0					
5	0	0					
6	0	0					
7	0	0					
9	35	54,6	0,01*				
<i>MÉDIA</i>			0,02				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.44- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A17 (Ensaio de Laboratório)

CP N°	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	1075	54,50	0,46		100		
2	1130	54,65	0,48		100		
3	1065	54,66	0,45		100		
4	740	54,45	0,32		100		
5	1240	54,70	0,53*			100	
6	930	54,75	0,40	100			
7	825	54,45	0,35		100		
8	745	54,00	0,33		100		
9	735	54,66	0,31		100		
10	955	54,47	0,41		100		
<i>MÉDIA</i>			0,39				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

Tabela A.45- Resistência Potencial de Aderência (28 Dias) Amostra A13 (Ensaio de Laboratório)

CP Nº	CARGA(N)	DIÂMETRO(mm)	TENSÃO (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
				S	S/A	A	F
1	305	52,67	0,14	100			
2	250	52,26	0,12			100	
3	305	52,31	0,14		100		
4	355	52,06	0,17*	100			
5	325	52,17	0,15		100		
6	335	52,80	0,15	100			
7	135	52,99	0,06*		100		
8	120	52,95	0,05*		100		
9	290	53,17	0,13	100			
10	260	53,40	0,12		100		
<i>MÉDIA</i>	268		0,14				

Onde:

S é a ruptura na superfície da argamassa;

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa;

A é a ruptura na argamassa;

F é a falha na colagem da peça metálica.

<sup>1</sup> O	<sup>2</sup> O	<sup>3</sup> O	<sup>4</sup> O	<sup>5</sup> O
<sup>6</sup> O	<sup>7</sup> O	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> O	<sup>10</sup> O

## Apêndice B

Tabela B.1 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A5 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 05/04/2013			TEMP(°C):	23,7	UR(%):	55%												
1	374,10	376,94	377,86	378,90	380,16	381,05	382,01	382,84	428,37	370,10		0,00	0,18	0,23	0,30	0,38	0,43	
2	374,99	377,71	378,71	379,88	381,30	381,32	383,38	384,30	428,35	370,99		0,00	0,17	0,23	0,31	0,39	0,40	
3	374,14	376,57	377,49	378,57	379,90	380,85	381,85	382,70	427,72	370,14		0,00	0,15	0,21	0,28	0,36	0,42	
												0,00	0,17	0,23	0,29	0,38	0,42	

Tabela B.2 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A5 (Campo)

CP	TEMPO(min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 02/04/2013			TEMP(°C):	24,2	UR(%):	59%												
1	385,30	388,89	390,18	391,73	393,64	395,00	396,52	397,70	447,24	380,30		0,00	0,22	0,31	0,40	0,52	0,61	
2	389,22	393,30	394,84	396,67	398,94	400,53	402,33	403,73	451,93	385,22		0,00	0,25	0,35	0,47	0,61	0,71	
3	386,54	390,51	391,90	393,50	395,46	396,81	398,31	399,46	447,62	381,54		0,00	0,25	0,33	0,43	0,56	0,64	
												0,00	0,24	0,33	0,43	0,56	0,65	

Tabela B3 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A6 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 02/04/2013			TEMP(°C):	24,2	UR(%):	59%											
1	476,57	486,26	490,24	495,03	501,16	505,54	510,47	514,41	542,94	476,57	0,00	0,61	0,85	1,15	1,54	1,81	
2	482,19	491,44	495,01	499,14	504,31	507,99	512,15	515,51	548,14	482,19	0,00	0,58	0,80	1,06	1,38	1,61	
3	490,37	499,05	502,19	505,93	510,77	514,22	518,00	520,96	557,57	490,37	0,00	0,54	0,74	0,97	1,28	1,49	
											0,00	0,58	0,80	1,06	1,40	1,64	

Tabela B4 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A6 (Campo)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 08/04/2013			TEMP(°C):	23,7	UR(%):	58%											
1	446,24	452,89	455,48	458,68	462,43	465,12	467,82	469,93	447,24	385,30	0,00	0,42	0,58	0,78	1,01	1,18	
2	447,73	452,72	454,74	457,21	460,13	462,27	464,42	466,07	451,93	389,22	0,00	0,31	0,44	0,59	0,77	0,91	
3	445,29	449,58	451,40	453,56	456,13	458,08	460,00	461,46	447,62	386,54	0,00	0,27	0,38	0,52	0,68	0,80	
											0,00	0,33	0,47	0,63	0,82	0,96	

Tabela B5 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A7 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 10/04/2013			TEMP(°C):	23,7	UR(%):	55%												
1	448,33	453,55	455,51	457,91	460,95	462,95	465,21	466,73	448,33	421,29		0,00	0,33	0,45	0,60	0,79	0,91	
2	449,44	455,56	457,86	460,50	463,90	466,27	468,88	470,61	449,44	418,74		0,00	0,38	0,53	0,69	0,90	1,05	
3	451,40	457,16	459,46	462,10	465,46	467,75	470,33	472,12	451,40	425,26		0,00	0,36	0,50	0,67	0,88	1,02	
											0,00	0,36	0,49	0,65	0,86	1,00		

Tabela B6 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A7 (Campo)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 10/04/2013			TEMP(°C):	23,7	UR(%):	55%												
1	461,56	467,67	469,86	472,88	476,37	479,14	482,26	485,16	513,21	458,91		0,00	0,38	0,52	0,71	0,93	1,10	
2	462,10	467,87	470,00	472,87	476,17	478,83	481,79	484,55	513,13	459,05		0,00	0,36	0,49	0,67	0,88	1,05	
3	457,20	463,26	465,46	468,43	471,85	474,58	477,57	480,35	508,53	454,33		0,00	0,38	0,52	0,70	0,92	1,09	
											0,00	0,37	0,51	0,69	0,91	1,08		

Tabela B7 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A4 (Laboratório)

		TEMPO(min)									RAIZDOTEMPO(min)							
CP	0	5	10	20	40	60	90	120	IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487
Data: 18/04/2013			TEMP(°C):	23,6	UR(%):	55%												
1	420,06	426,06	427,90	430,34	433,30	435,31	438,09	439,17	470,70	416,74		0,00	0,38	0,49	0,64	0,83	0,95	1,13
2	405,40	411,68	413,68	416,34	419,74	422,02	425,22	426,44	456,76	402,61		0,00	0,39	0,52	0,68	0,90	1,04	1,24
3	419,00	424,03	425,66	423,87	430,73	432,62	435,20	436,18	469,28	415,70		0,00	0,31	0,42	0,30	0,73	0,85	1,01
											0,00	0,36	0,47	0,54	0,82	0,95	1,13	

Tabela B8 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A4 (Campo)

		TEMPO(min)									RAIZDOTEMPO(min)							
CP	0	5	10	20	40	60	90	120	IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487
Data: 17/04/2013			TEMP(°C):	23,6	UR(%):	55%												
1	423,72	428,04	429,83	432,11	434,91	436,63	438,71	440,33	474,28	419,97		0,00	0,27	0,38	0,52	0,70	0,81	0,94
2	404,72	412,22	414,30	416,93	420,19	422,22	424,63	426,51	460,28	404,00		0,00	0,47	0,60	0,76	0,97	1,09	1,24
3	409,81	414,56	416,43	418,69	421,47	423,21	425,22	426,75	461,35	407,25		0,00	0,30	0,41	0,56	0,73	0,84	0,96
											0,00	0,35	0,46	0,61	0,80	0,91	1,05	

Tabela B.9 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A13 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 17/05/2013			TEMP(°C):	23,6	UR(%):	55%												
1	436,35	444,22	447,46	451,68	457,27	461,53	467,17	470,96	497,94	435,57		0,00	0,49	0,69	0,96	1,31	1,57	
2	437,71	445,52	448,71	452,92	458,43	462,72	468,45	472,31	500,59	436,94		0,00	0,49	0,69	0,95	1,30	1,56	
3	436,25	444,11	447,31	451,56	457,03	461,31	467,93	470,69	496,50	435,51		0,00	0,49	0,69	0,96	1,30	1,57	
ESTUFA 100°C	428,71	436,31	439,55	443,87	449,58	454,11	460,22	464,33				0,00	0,48	0,68	0,95	1,30	1,59	
												0,00	0,49	0,69	0,96	1,30	1,57	

Tabela B.10 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A13 (Campo)

CP	TEMPO(min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 16/05/2013			TEMP(°C):	23,6	UR(%):	55%												
1	444,98	454,08	457,44	461,93	468,10	472,83	478,45	483,14	507,07	444,18		0,00	0,57	0,78	1,06	1,45	1,74	
2	446,15	455,47	458,99	463,66	470,03	474,80	480,38	485,09	509,42	445,22		0,00	0,58	0,80	1,09	1,49	1,79	
3	450,51	459,63	462,95	467,44	473,52	478,19	483,74	488,33	513,14	450,19		0,00	0,57	0,78	1,06	1,44	1,73	
												0,00	0,57	0,79	1,07	1,46	1,75	

Tabela B.11 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A8 (Campo)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	RAIZ DO TEMPO (min)							
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000			2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487		
Data: 09/04/2013		TEMP(°C):		23,6	UR(%):		55%					ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)							
1	382,66	385,88	387,21	388,71	390,58	391,80	393,14	394,21	440,71	379,96	0,00		0,20	0,28	0,38	0,49	0,57	0,65	
2	386,08	389,33	390,68	392,19	394,10	395,34	396,69	397,83	446,30	383,17	0,00		0,20	0,29	0,38	0,50	0,58	0,66	
3	384,02	387,58	388,91	390,51	392,52	393,82	395,22	396,37	442,47	382,02	0,00		0,22	0,31	0,41	0,53	0,61	0,70	
												0,00	0,21	0,29	0,39	0,51	0,59	0,67	

Tabela B.12 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A1 (Campo)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	RAIZ DO TEMPO (min)							
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000			2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487		
Data: 05/04/2013		TEMP(°C):		23,7	UR(%):		55%					ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)							
1	400,74	405,95	407,66	409,77	412,35	414,22	416,30	418,03	455,09	398,88	0,00		0,33	0,43	0,56	0,73	0,84	0,97	
2	405,89	410,98	412,62	414,70	417,32	419,18	421,27	423,05	460,72	404,65	0,00		0,32	0,42	0,55	0,71	0,83	0,96	
3	409,78	415,02	416,87	419,07	421,98	424,08	426,53	428,70	463,38	407,39	0,00		0,33	0,44	0,58	0,76	0,89	1,05	
												0,00	0,32	0,43	0,57	0,73	0,86	0,99	

Tabela B.13 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A1 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	RAIZ DO TEMPO (min)							
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000			2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487		
Data: 16/04/2013		TEMP(°C):		23,7	UR(%):		55%					ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)							
1	403,69	406,98	408,73	410,65	412,76	414,50	418,29	419,40	455,59	401,49	0,00		0,21	0,32	0,43	0,57	0,68	0,91	
2	406,59	410,16	412,19	414,22	416,40	418,26	422,19	426,36	457,88	404,77	0,00		0,22	0,35	0,48	0,61	0,73	0,98	
3	404,61	408,09	410,00	412,01	414,21	416,00	419,76	420,91	455,46	401,98	0,00		0,22	0,34	0,46	0,60	0,71	0,95	
												0,00	0,22	0,33	0,46	0,59	0,71	0,94	

Tabela B.14 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A9 (Campo)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487	
Data: 21/05/2013		TEMP(°C):		23,4	UR(%):		59%												
1	369,52	373,62	375,29	376,88	378,61	379,87	381,27	382,34	440,11	365,78	0,00	0,26	0,36	0,46	0,57	0,65	0,73		
2	368,13	371,74	373,37	374,87	376,60	377,87	379,26	380,34	435,73	363,23	0,00	0,23	0,33	0,42	0,53	0,61	0,70		
3	367,24	371,32	373,00	374,66	376,60	377,97	379,52	380,64	433,33	360,08	0,00	0,25	0,36	0,46	0,59	0,67	0,77		
											0,00	0,25	0,35	0,45	0,56	0,64	0,73		

Tabela B.15 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A9 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487	
Data: 21/05/2013		TEMP(°C):		23,3	UR(%):		44%												
1	381,72	386,23	389,19	390,02	392,33	394,04	395,95	397,32	444,69	377,59	0,00	0,28	0,47	0,52	0,66	0,77	0,89		
2	380,59	385,04	386,94	388,71	391,16	392,92	394,93	396,34	442,55	375,96	0,00	0,28	0,40	0,51	0,66	0,77	0,90		
3	380,60	385,31	387,19	388,91	391,38	393,27	395,20	396,57	440,75	376,05	0,00	0,29	0,41	0,52	0,67	0,79	0,91		
											0,00	0,28	0,43	0,52	0,67	0,78	0,90		

Tabela B.16 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água - Amostra A2 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 24/04/2013		TEMP(°C):		23,4	UR(%):		59%										
1	394,72	398,69	400,50	402,67	405,32	407,19	409,21	410,84	446,48	392,55	0,00	0,25	0,36	0,50	0,66	0,78	0,91
2	391,67	396,17	398,18	400,66	403,71	405,82	408,12	410,00	444,81	389,00	0,00	0,28	0,41	0,56	0,75	0,88	1,03
3	392,28	396,07	397,74	399,62	401,91	403,53	405,33	406,82	444,03	390,27	0,00	0,24	0,34	0,46	0,60	0,70	0,82
											0,00	0,26	0,37	0,51	0,67	0,79	0,92

Tabela B.17 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água - Amostra A2 (Campo)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 24/04/2013		TEMP(°C):		23,5	UR(%):		50%										
1	372,07	376,26	377,78	379,47	381,51	382,87	384,38	385,74	425,06	369,98	0,00	0,26	0,36	0,46	0,59	0,68	0,77
2	379,85	384,24	386,14	388,19	390,70	392,37	394,21	395,76	436,49	377,72	0,00	0,27	0,39	0,52	0,68	0,78	0,90
3	373,84	378,39	380,12	381,93	384,11	385,61	387,26	388,61	432,38	372,12	0,00	0,28	0,39	0,51	0,64	0,74	0,84
											0,00	0,27	0,38	0,50	0,64	0,73	0,84

Tabela B.18 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A3 (Campo)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 09/04/2013		TEMP(°C):		23,6	UR%:		55%										
1	421,29	425,16	427,84	429,85	432,41	434,16	436,24	437,75	475,85	421,29	0,00	0,24	0,41	0,54	0,70	0,80	0,93
2	418,34	423,84	425,69	427,80	430,46	432,29	434,43	436,04	480,11	418,34	0,00	0,34	0,46	0,59	0,76	0,87	1,01
3	425,26	430,48	432,34	434,49	437,24	439,09	441,25	442,81	472,97	425,26	0,00	0,33	0,44	0,58	0,75	0,86	1,00
											0,00	0,30	0,44	0,57	0,73	0,85	0,98

Tabela B.19 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A3 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 09/04/2013		TEMP(°C):		23,6	UR%:		55%										
1	423,72	428,04	429,83	432,11	434,91	436,63	438,71	440,33	480,89	420,01	0,00	0,27	0,38	0,52	0,70	0,81	0,94
2	404,72	412,22	414,30	416,93	420,19	422,22	424,63	426,51	478,95	417,81	0,00	0,47	0,60	0,76	0,97	1,09	1,24
3	409,81	414,56	416,43	418,69	421,47	423,21	425,22	426,75	479,50	421,70	0,00	0,30	0,41	0,56	0,73	0,84	0,96
											0,00	0,35	0,46	0,61	0,80	0,91	1,05

Tabela B20 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A11 (Campo)

		TEMPO (min)									RAIZ DO TEMPO (min)						
CP	0	5	10	20	40	60	90	120	IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 17/05/2013			TEMP(°C):	23,6	UR(%):	55%											
1	394,91	395,46	395,52	395,60	395,71	395,74	395,84	395,91	411,73	388,96		0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
2	388,19	388,75	388,79	388,86	388,97	389,02	389,14	389,17	404,05	381,83		0,00	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
3	396,11	396,65	396,68	396,76	396,84	396,91	396,98	397,04	412,70	389,77		0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05

Tabela B21 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A11 (Laboratório)

		TEMPO (min)									RAIZ DO TEMPO (min)						
CP	0	5	10	20	40	60	90	120	IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 20/05/2013			TEMP(°C):	23,5	UR(%):	50%											
1	431,25	432,02	432,05	432,12	432,23	432,30	432,37	432,46	448,09	424,11		0,00	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07
2	427,23	427,96	428,01	428,06	428,19	428,25	428,36	428,42	439,84	419,02		0,00	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
3	431,18	431,80	431,82	431,86	431,97	432,07	432,22	432,30	442,50	423,49		0,00	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06

Tabela B22 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A10 (Campo)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 22/05/2013		TEMP(°C):		23,4	UR(%):		59%										
1	508,99	509,23	509,24	509,25	509,28	509,29	509,31	509,32	495,17	482,90	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2	503,06	503,31	503,31	503,32	503,35	503,36	503,38	503,39	489,08	477,11	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	595,59	595,81	595,84	595,84	595,87	595,88	595,88	595,91	484,46	472,71	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
											0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela B23 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A10 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,000	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 20/05/2013		TEMP(°C):		23,5	UR(%):		50%										
1	508,92	509,09	509,15	509,15	509,16	509,15	509,13	509,15	498,06	485,84	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
2	511,44	511,72	511,76	511,78	511,83	511,82	511,83	511,86	502,93	489,67	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	504,10	504,35	504,38	504,38	504,40	504,39	504,41	504,42	497,04	483,91	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
											0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela B24 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A12 (Campo)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 22/05/2013			TEMP(°C):	23,4	UR(%):	59%												
1	434,54	438,82	440,65	442,92	445,74	448,18	450,41	452,36	484,97	428,08		0,00	0,27	0,38	0,52	0,70	0,85	
2	436,71	440,84	442,63	444,80	447,62	450,03	452,18	454,02	486,59	429,33		0,00	0,26	0,37	0,51	0,68	0,83	
3	434,89	439,36	441,15	443,40	446,22	448,75	450,91	452,85	484,96	428,03		0,00	0,28	0,39	0,53	0,71	0,87	
												0,00	0,27	0,38	0,52	0,70	0,85	

Tabela B25 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A12 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)									IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120	0,000				2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	
Data: 23/05/2013			TEMP(°C):	23,5	UR(%):	50%												
1	461,80	463,35	464,87	466,88	469,44	471,20	473,33	475,00	515,12	457,87		0,00	0,10	0,19	0,32	0,48	0,59	
2	455,82	457,35	458,93	461,01	463,64	465,39	467,50	469,14	508,63	451,49		0,00	0,10	0,19	0,32	0,49	0,60	
3	455,11	456,68	458,30	460,35	462,92	464,68	466,74	468,34	507,80	451,35		0,00	0,10	0,20	0,33	0,49	0,60	
												0,00	0,10	0,20	0,32	0,48	0,59	

Tabela B.26 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água - Amostra A16 (Campo)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 10/07/2013			TEMP(°C):	22,4	UR(%):	54%											
1	448,99	454,95	456,95	459,41	462,61	465,00	467,70	469,85	497,25	444,65	0,00	0,37	0,50	0,65	0,85	1,00	1,17
2	446,67	452,48	454,44	456,88	460,09	462,51	465,23	467,37	495,20	442,25	0,00	0,36	0,49	0,64	0,84	0,99	1,16
3	449,35	455,57	457,58	460,14	463,48	466,06	469,96	471,21	498,44	445,00	0,00	0,39	0,51	0,67	0,88	1,04	1,29
											0,00	0,37	0,50	0,65	0,86	1,01	1,21

Tabela B.27 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água - Amostra A16 (Laboratório)

CP	TEMPO (min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO (min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 31/05/2013			TEMP(°C):	23,5	UR(%):	50%											
1	457,09	461,54	462,91	464,52	466,42	467,88	469,50	470,72	507,37	454,15	0,00	0,28	0,36	0,46	0,58	0,67	0,78
2	458,51	463,24	464,77	466,56	468,64	470,19	471,87	473,11	508,27	455,32	0,00	0,30	0,39	0,50	0,63	0,73	0,84
3	466,03	470,77	472,31	474,18	476,38	478,03	479,86	481,15	515,29	461,75	0,00	0,30	0,39	0,51	0,65	0,75	0,86
											0,00	0,29	0,38	0,49	0,62	0,72	0,83

Tabela B.28 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A17 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 08/08/2013		TEMP(°C):	23	UR%:	53%												
1	447,99	454,92	457,65	460,95	465,03	467,94	471,29	473,84	498,72	445,69	0,00	0,43	0,60	0,81	1,07	1,25	1,46
2	450,79	457,57	460,02	463,02	466,85	469,62	472,65	475,00	500,35	446,34	0,00	0,42	0,58	0,76	1,00	1,18	1,37
3	450,85	457,48	460,08	463,22	467,17	470,07	473,28	475,75	501,25	446,60	0,00	0,41	0,58	0,77	1,02	1,20	1,40
											0,00	0,42	0,59	0,78	1,03	1,21	1,41

Tabela B.29 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A17 (Campo)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487
Data: 10/07/2013		TEMP(°C):	23,5	UR%:	50%													
1	452,64	459,86	462,54	465,79	469,88	472,98	476,18	478,86	506,58	450,47	0,00	0,45	0,62	0,82	1,08	1,27	1,47	
2	451,26	459,22	462,14	465,63	469,90	473,15	476,52	479,28	504,17	446,94	0,00	0,50	0,68	0,90	1,17	1,37	1,58	
3	449,94	457,77	460,61	464,16	468,54	471,88	475,38	478,22	503,52	445,87	0,00	0,49	0,67	0,89	1,16	1,37	1,59	
											0,00	0,48	0,66	0,87	1,14	1,34	1,55	

Tabela B.30 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A14 (Campo)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 10/06/2013		TEMP(°C):	23,5	UR(%):	58%												
1	419,32	421,05	421,74	422,75	423,54	424,20	425,03	425,64	465,87	415,74	0,00	0,11	0,15	0,21	0,26	0,31	0,36
2	419,94	421,85	422,61	423,46	424,47	425,14	426,00	426,61	466,45	416,36	0,00	0,12	0,17	0,22	0,28	0,32	0,38
3	417,63	419,52	420,33	421,26	422,35	423,07	423,97	424,59	463,77	414,31	0,00	0,12	0,17	0,23	0,30	0,34	0,40
											0,00	0,12	0,16	0,22	0,28	0,32	0,38

Tabela B.31 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Amostra A14 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487
Data: 31/05/2013		TEMP(°C):	23,5	UR(%):	50%													
1	424,95	427,17	428,08	428,84	429,97	430,79	431,78	432,51	472,71	422,45	0,00	0,14	0,20	0,24	0,31	0,37	0,43	
2	427,43	429,59	430,55	431,32	432,43	433,20	434,09	434,75	475,53	424,91	0,00	0,13	0,20	0,24	0,31	0,36	0,42	
3	423,30	425,49	426,36	427,09	428,15	428,89	429,80	430,44	470,86	421,03	0,00	0,14	0,19	0,24	0,30	0,35	0,41	
											0,00	0,14	0,19	0,24	0,31	0,36	0,42	

Tabela B.32 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Antostrá A15 (Campo)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)					
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746
Data: 02/07/2013			TEMP(°C):	23,5	UR(%):	58%											
1	482,97	483,63	483,89	484,15	484,46	484,68	484,94	485,11	521,85	468,07	0,00	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12
2	482,19	482,84	483,08	483,34	483,60	483,91	484,21	484,39	518,83	466,08	0,00	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13
3	478,80	479,38	479,60	479,84	480,14	480,35	480,60	480,76	516,86	463,65	0,00	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11
											0,00	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12

Tabela B.33 Ensaio de Capilaridade e Absorção de Água Antostrá A15 (Laboratório)

CP	TEMPO(min)								IMERSO	24H ESTUFA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (g)	RAIZ DO TEMPO(min)						
	0	5	10	20	40	60	90	120				0,00	2,236	3,162	4,472	6,325	7,746	9,487
Data: 02/07/2013			TEMP(°C):	23,5	UR(%):	50%												
1	483,52	484,25	484,54	484,83	485,20	485,44	485,72	485,91	520,24	468,24	0,00	0,05	0,06	0,08	0,11	0,12	0,14	
2	486,16	486,79	487,04	487,27	487,60	487,81	488,08	488,25	520,35	470,13	0,00	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	
3	483,87	484,54	484,80	485,08	485,44	485,67	485,95	486,13	520,50	469,08	0,00	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	
											0,00	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	

## Apêndice C

Tabela C.1 Densidade de Massa no estado Endurecido - A mostra A5 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA(G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	261,1	384,3	1472
2	16,1	4,0	4,1	263,0	384,8	1463
3	16,2	4,0	4,1	264,3	385,8	1460
Média	16,1	4,0	4,1	262,8	385,0	1465

Tabela C.2 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A5 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA(G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
	16,1	4,0	4,1	263,0	400,2	1522
2	16,0	4,0	4,1	260,2	396,3	1523
3	16,1	4,0	4,1	262,3	400,5	1527
Média	16,1	4,0	4,1	261,8	399,0	1524

Tabela C.3 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A6 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA(G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	259,4	465,3	1794
2	16,1	4,0	4,0	258,3	463,3	1794
3	16,0	4,0	4,0	255,6	460,9	1803
Média	16,1	4,0	4,0	257,7	463,2	1797

Tabela C.4 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A6 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA(G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
	16,2	4,0	4,1	263,4	507,2	1926
2	16,1	4,0	4,0	254,2	487,5	1918
3	16,1	4,0	4,1	264,3	506,7	1917
Média	16,1	4,0	4,0	260,6	500,5	1920

Tabela C.5 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A7 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,3	4,0	4,1	267,6	460,3	1720
2	16,2	4,0	4,1	268,4	463,8	1728
3	16,1	4,0	4,1	263,8	463,2	1756
Média	16,2	4,0	4,1	266,6	462,4	1735

Tabela C.6 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A7 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,0	4,0	4,1	261,1	456,9	1750
2	16,0	4,0	4,1	260,4	457,0	1755
3	16,0	4,0	4,0	258,4	456,4	1766
Média	16,0	4,0	4,0	260,0	456,8	1757

Tabela C.7 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A3 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	262,9	429,1	1632
2	16,1	4,0	4,1	263,5	425,5	1615
3	16,1	4,0	4,1	264,3	427,0	1615
Média	16,1	4,0	4,1	263,6	427,2	1621

Tabela C.8 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A3 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	258,1	426,8	1653
2	16,0	4,0	4,0	258,7	422,8	1634
3	16,0	4,0	4,0	257,9	425,0	1648
Média	16,1	4,0	4,0	258,2	424,8	1645

Tabela C.9 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A1 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,0	4,0	4,1	264,1	406,9	1540
2	16,0	4,0	4,0	259,0	409,6	1582
3	16,0	4,0	4,0	260,1	411,3	1582
Média	16,0	4,0	4,1	261,1	409,3	1568

Tabela C.10 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A1 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	263,2	402,0	1527
2	16,1	4,0	4,1	263,7	403,9	1532
3	16,1	4,0	4,1	261,4	404,2	1546
Média	16,1	4,0	4,1	262,7	403,3	1535

Tabela C.11 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A2 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,0	262,0	433,9	1656
2	16,3	4,0	4,1	268,8	439,4	1635
3	16,2	4,0	4,1	265,4	436,0	1643
Média	16,2	4,0	4,1	265,4	436,4	1645

Tabela C.12 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A2 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,2	268,3	394,3	1470
2	16,1	4,0	4,2	267,6	394,3	1473
3	16,1	4,0	4,2	269,2	393,6	1462
Média	16,1	4,0	4,2	268,4	394,1	1468

Tabela C.13 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A4 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,0	262,3	426,4	1625
2	16,1	4,0	4,1	260,9	431,0	1652
3	16,1	4,0	4,1	263,1	428,8	1630
Média	16,1	4,0	4,1	262,1	428,8	1636

Tabela C.14 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A4 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,1	4,1	267,0	428,5	1605
2	16,1	4,1	4,0	266,8	425,9	1597
3	16,1	4,1	4,0	269,0	428,2	1592
Média	16,1	4,1	4,1	267,6	427,5	1598

Tabela C.15 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 14 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,1	269,1	431,1	1602
2	16,2	4,0	4,1	264,0	421,7	1597
3	16,2	4,0	4,1	263,6	423,1	1605
Média	16,2	4,0	4,1	265,6	425,3	1601

Tabela C.16 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 14 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	264,8	421,8	1593
2	16,1	4,0	4,1	263,4	420,8	1597
3	16,0	4,0	4,1	261,6	420,1	1606
Média	16,0	4,0	4,1	263,3	420,9	1599

Tabela C.17 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 15 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	265,5	484,3	1824
2	16,0	4,0	4,1	265,3	482,7	1820
3	16,1	4,0	4,1	262,3	476,4	1817
Média	16,1	4,0	4,1	264,3	481,1	1820

Tabela C.18 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 15 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,0	4,0	4,1	263,5	482,3	1830
2	16,0	4,0	4,1	261,1	482,4	1847
3	16,1	4,0	4,1	262,3	481,9	1838
Média	16,0	4,0	4,1	262,3	482,2	1838

Tabela C.19 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 12 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	260,4	433,9	1667
2	16,1	4,0	4,1	264,1	439,4	1663
3	16,1	4,0	4,1	262,5	436,0	1661
Média	16,1	4,0	4,1	262,3	436,4	1664

Tabela C.20 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 12 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,1	267,1	464,4	1739
2	16,1	4,0	4,1	268,2	460,6	1717
3	16,1	4,0	4,2	269,5	460,6	1709
Média	16,1	4,0	4,1	268,3	461,9	1722

Tabela C.21 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A11 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,0	262,0	433,9	1656
2	16,3	4,0	4,1	268,8	439,4	1635
3	16,2	4,0	4,1	265,4	436,0	1643
Média	16,2	4,0	4,1	265,4	436,4	1645

Tabela C.22 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A11 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	264,4	435,3	1647
2	16,1	4,0	4,2	267,2	437,8	1638
3	16,0	4,0	4,2	265,9	429,1	1614
Média	16,1	4,0	4,1	265,8	434,1	1633

Tabela C.23 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A8 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,0	262,0	433,9	1656
2	16,3	4,0	4,1	268,8	439,4	1635
3	16,2	4,0	4,1	265,4	436,0	1643
Média	16,2	4,0	4,1	265,4	436,4	1645

Tabela C.24 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A8 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	264,4	435,3	1647
2	16,1	4,0	4,2	267,2	437,8	1638
3	16,0	4,0	4,2	265,9	429,1	1614
Média	16,1	4,0	4,1	265,8	434,1	1633

Tabela C.25 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 9 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	263,7	366,4	1389
2	16,1	4,0	4,1	263,5	367,4	1395
3	16,1	4,0	4,1	262,6	365,6	1393
Média	16,1	4,0	4,1	263,2	366,5	1392

Tabela C.26 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A9 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,0	261,5	382,9	1464
2	16,1	4,0	4,0	260,5	382,3	1467
3	16,1	4,0	4,1	261,4	383,0	1465
Média	16,1	4,0	4,0	261,1	382,7	1466

Tabela C.27 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 10 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	259,4	503,4	1941
2	16,1	4,0	4,1	260,3	502,9	1932
3	16,1	4,1	4,1	264,7	499,9	1888
Média	16,1	4,0	4,1	261,5	502,1	1920

Tabela C.28 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 10 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,2	4,0	4,1	265,1	512,0	1932
2	16,1	4,0	4,0	256,0	504,6	1971
3	16,1	4,0	4,0	260,5	506,7	1945
Média	16,1	4,0	4,0	260,5	507,7	1949

Tabela C.29 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 13 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	15,7	3,9	4,0	248,0	439,4	1772
2	15,7	3,9	4,0	247,2	438,7	1775
3	15,7	3,9	4,0	244,0	441,1	1808
Média	15,7	3,9	4,0	246,4	439,7	1785

Tabela C.30 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 13 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	15,7	3,9	3,9	240,1	445,8	1857
2	15,8	3,9	3,9	242,3	444,4	1834
3	15,7	3,9	3,9	242,1	450,7	1861
Média	15,7	3,9	3,9	241,5	446,9	1851

Tabela C.31 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 17 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	263,7	448,7	1702
2	16,2	4,0	4,1	262,8	448,1	1705
3	16,1	4,0	4,1	262,9	444,9	1692
Média	16,1	4,0	4,1	263,1	447,3	1700

Tabela C.32 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 17 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,1	260,2	448,8	1725
2	16,1	4,0	4,1	262,2	451,3	1721
3	16,1	4,0	4,1	263,4	454,0	1723
Média	16,1	4,0	4,1	261,9	451,4	1723

Tabela C.33 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 16 Ensaio de Campo

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,0	4,0	4,0	258,6	435,0	1682
2	16,0	4,0	4,1	261,5	439,6	1681
3	16,0	4,0	4,1	260,4	437,6	1681
Média	16,0	4,0	4,1	260,2	437,4	1681

Tabela C.34 Densidade de Massa no estado Endurecido - Amostra A 16 Ensaio de Laboratório

	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	VOLUME(CM <sup>3</sup> )	MASSA (G)	DENSIDADE Kg/M <sup>3</sup>
1	16,1	4,0	4,0	258,5	459,1	1776
2	16,0	4,0	4,1	262,7	462,6	1761
3	16,2	4,0	4,1	260,6	466,2	1789
Média	16,1	4,0	4,1	260,6	462,7	1775

## APÊNDICE E

Tabela E.18 - Ensaios no Estado Fresco A1 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A1			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	21,4	DATA:	07/03/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	74	HORA:	10:55			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		34600					
ÁGUA		5110					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		14,77					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	ll	VALOR: ll - lo		1 (médio)	
451,17	1070,5	0	52	52		52	
452,21	1071,9	0	52	52			
456,12	1077,0	0	51	51			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		14					
ENSAIO VANE TEST		113	113				
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
223	220	220	MÉDIA		221		
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1166,8	2152	2145,6	2136,1	2128,1	2125,1		
%		95	87	81	79		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1560		

Tabela E.19 - Ensaio no Estado Fresco A5 (Ensaio de campo)							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A5			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22		DATA:	08/03/2013		
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	74		HORA:	10:00		
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)		OBSERVAÇÕES		
MATERIAL SECO		29410					
ÁGUA		5590					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		19					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
451,76	1093	0	52	52		53	
453,13	1089,7	0	54	54			
456,40	1094,0	0	54	54			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		17					
ENSAIO VANE TEST		95	93	92			
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
255	258	254		MÉDIA		255,666667	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1167,7	2182,8	2166,4	2151	2139	2134,4		
%		90	80	73	70		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1606		

Tabela E.20 - Ensaio no Estado Fresco A6 (Ensaio de campo)						
PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO						
DADOS DOS AMOSTRA						
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA		
				A6		
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,1	DATA:	11/03/2013		
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	74	HORA:	10:30		
MATERIAS						
		ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES	
MATERIAL SECO			28230			
ÁGUA			6350			
OUTROS						
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)			22			
ENSAIOS EM LABORATÓRIO						
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE						
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	11	VALOR: 11 - 10	1 (médio)	
452,85	1249,6	0	62	62	58	
453,11	1247,6	0	55	55		
456,76	1252,9	0	56	56		
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		5,9				
ENSAIO VANE TEST		69	68	67		
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA						
297	293	299	MÉDIA		296,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA						
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.	
1167,8	2416,3	2389,3	2383,1	2381,6	2379,6	
%		88	86	85	84	
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					2002	

Tabela E.21 - Ensaios no Estado Fresco A3 (Ensaio de campo)						
PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO						
DADOS DOS AMOSTRA						
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA		
				A3		
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22	DATA:	12/03/2013		
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	74	HORA:	10:50		
MATERIAS						
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES		
MATERIAL SECO		30840				
ÁGUA		5000				
OUTROS						
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		16				
ENSAIOS EM LABORATÓRIO						
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE						
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo	l (médio)	
452,64	1156,6	0	52	52	52	
453,71	1150,6	0	52	52		
457,49	1160,8	0	53	53		
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		15				
ENSAIO VANE TEST		91	89	87		
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA						
271	260	261	MÉDIA		264	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA						
PESO FUNIL FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.	
1168,8	2305,3	2288,3	2274,0	2267,8	2265,9	
%		89	80	76	75	
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1764	

Tabela E.22 - Ensaios no Estado Fresco A8 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A8			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,2	DATA:	20/03/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	76	HORA:	08:50			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		38600					
ÁGUA		5870					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		15					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	ll	VALOR: ll - lo	l (médio)		
453,31	1094,3	0	62	62	62		
453,90	1088,3	0	63	63			
456,70	1092,1	0	62	62			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		14,5					
ENSAIO VANE TEST		179	189	174			
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
258	257	255	MÉDIA			256,66667	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1167,3	2178,4	2176,7	2170,4	2164,9	2160,4		
%		99	94	90	87		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1602		

Tabela E.23 - Ensaio no Estado Fresco A7 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A7			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	23,1	DATA:	18/03/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	60	HORA:	09:20			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		26000					
ÁGUA		4131					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		16					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		1 (médio)	
453,36	1214,5	0	54	54		53	
454,08	1211,3	1	52	51			
456,50	1214,7	0	52	52			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		7,6					
ENSAIO VANE TEST		90	0	0			
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
259	261	258	MÉDIA			259,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1167,3	2362,5	2348,7	2333,7	2329,7	2328,5		
%		92	82	80	79		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1909	

Tabela E.24 - Ensaios no Estado Fresco A10 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO						
DADOS DOS AMOSTRA						
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA		
				A 10		
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	23,6	DATA:	22/03/2013		
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	82	HORA:	15:30		
MATERIAS						
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES		
MATERIAL SECO		34200				
ÁGUA		5625				
OUTROS						
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		16				
ENSAIOS EM LABORATÓRIO						
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE						
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo	l (médio)	
453,48	1258,3	0	55	55	56	
455,27	1257,1	0	56	56		
459,05	1263,5	1	58	57		
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		6,25				
ENSAIO VANE TEST		98	88	93		
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA						
284	289	291	MÉDIA		288	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA						
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.	
1168,3	2436,1	2421,2	2406,8	2403,1	2402,1	
%		92	84	82	81	
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					2022	

Tabela E.25 - Ensaio no Estado Fresco A4 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A4			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,5	DATA:	21/03/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	78	HORA:	14:25			
MATERIAS							
		ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES		
MATERIAL SECO			37270				
ÁGUA			5963				
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)			16				
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
453,46	1144,1	0	57	57		56	
454,69	1141,7	1	55	54			
457,91	1143,4	1	57	56			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		13					
ENSAIO VANE TEST		106	94	104			
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
262	266	264	MÉDIA		264		
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1169,8	2267	2253,8	2238,7	2231,6	2229		
%		91	81	77	75		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1730		

Tabela E.26 - Ensaios no Estado Fresco A2 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A2			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,5	DATA:	26/03/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	78	HORA:	14:30			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		43000					
ÁGUA		6881					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		16					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	l <sub>0</sub>	l <sub>1</sub>	VALOR: l <sub>1</sub> - l <sub>0</sub>		l (médio)	
453,70	1077,5	1	60	59		60	
455,47	1075,3	1	61	60			
458,37	1081,1	0	60	60			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		14					
ENSAIO VANE TEST		83	115	120	82	95	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
252	254	257	MÉDIA			254,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1169,5	2151,7	2142,4	2130,9	2122,3	2117,5		
%		93	85	78	75		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1565	

Tabela E.27 - Ensaios no Estado Fresco A 13 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A 13			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,5	DATA:	19/04/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	78	HORA:	08:00			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		35420		No bloco cerâmico apareceu uma gde fissura nos 1ºs 10 min.			
ÁGUA		8260					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		23					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
453,59	1247,2	0	56	56		55	
453,82	1243,6	0	54	54			
456,80	1253,2	0	54	54			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		3,6					
ENSAIO VANE TEST		105	108	109	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
269	272	275	MÉDIA			272	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1169,6	2416,3	2404,5	2391,1	2381,9	2379		
%		95	89	85	84		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1996		

Tabela E.28 - Ensaios no Estado Fresco A11 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A11			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,8	DATA:	19/04/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	74	HORA:	15:50			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		36710		Vane Test não foi feito devido lab. De quimica estar fechado, AR maior q o do requisito pede ter ocorrido em função da tempo de mistura para acerto de			
ÁGUA		6810					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		19					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	ll	VALOR: ll - lo		l (médio)	
453,70	1120,4	0	56	56		55	
453,64	1115,9	0	54	54			
458,05	1124,8	0	54	54			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		13,2					
ENSAIO VANE TEST		0	0	0	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
270	278	275	MÉDIA			274,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1169	2207,1	2201,3	2196,2	2189,8	2184,5		
%		96	93	89	86		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)					1673		

Tabela E.29 - Ensaio no Estado Fresco A12 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A12			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,2	DATA:	24/04/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	71	HORA:	15:50			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		29290	1856	* Argamassa rasga um pouco qdo passa a colher ( pouco viscosa) * Apresenta visualmente um pouco de exudação.			
ÁGUA		5222					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		18					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
453,63	1179,8	0	62	62		62	
455,15	1176,2	0	61	61			
458,52	1177,9	1	62	61			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		9,0					
ENSAIO VANE TEST		73	75	77	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
297	296	293	MÉDIA			295,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1171,2	2344,5	2316,8	2305,7	2302,5	2300,7		
%		84	78	76	75		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1817	

Tabela E.30 - Ensaio no Estado Fresco A14 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A14			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	23,1	DATA:	13/05/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	55	HORA:				
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		30800					
ÁGUA		4360					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		14					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	ll	VALOR: ll - lo		l (médio)	
453,09	1132,6	1	67	66		66	
454,14	1126,7	1	65	64			
457,93	1133,4	0	66	66			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		14,0					
ENSAIO VANE TEST		101	101	111	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
270	271	272	MÉDIA			271	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1168,7	2242,3	2234,7	2226,4	2218,5	2211,2		
%		94	88	82	77		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1700	

Tabela E.31 - Ensaios no Estado Fresco A9 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A9			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,6	DATA:	23/04/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	63	HORA:	08:45			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		35770					
ÁGUA		5500					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		15					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
453,84	1074,7	0	59	59		61	
453,94	1060,8	0	61	61			
458,01	1074,6	0	62	62			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		19,0					
ENSAIO VANE TEST		99	103	103	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
256	254	254	MÉDIA			254,66667	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1172	2139	2131,3	2122,6	2116,1	2109,4		
%		94	87	82	77		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1546	

Tabela E.32 - Ensaio no Estado Fresco A14 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A14			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	23,0	DATA:	24/05/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	52	HORA:	09:00			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		29100					
ÁGUA		4430					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		15,2					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
453,32	1205,7	0	54	54		55	
453,50	1198,2	0	54	54			
457,52	1205,9	0	56	56			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		9,0					
ENSAIO VANE TEST		88	90	87	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
275	278	282	MÉDIA			278,33333	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1340	2543	2540,3	2532,1	2525,2	2522,1		
%		98	93	89	87		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1883	

Tabela E.33 - Ensaios no Estado Fresco A16 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A16			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,2	DATA:	18/06/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	67	HORA:	15:00			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		35370					
ÁGUA		5502					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		16					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo		l (médio)	
454,98	1157,1	1	56	55		54	
455,15	1154,1	1	55	54			
458,72	1162,2	2	56	54			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		13,0					
ENSAIO VANE TEST		84	89	0	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
286	288	286	MÉDIA			286,66667	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	+ P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1169,9	2295,5	2276,5	2263,8	2259,6	2259,1		
%		87	79	76	76		
DENSIDADE DE MASSA MÉDIA (K/M³)						1765	

Tabela E.34 - Ensaios no Estado Fresco A17 (Ensaio de campo)

PLANILHA DE ENSAIO NO ESTADO FRESCO							
DADOS DOS AMOSTRA							
TIPO ARGAM.				N° AMOSTRA			
				A17			
USINADA <input type="checkbox"/>	TEM. (°C):	22,4	DATA:	11/06/2013			
INDUST. <input type="checkbox"/>	UR(%):	56	HORA:	07:50			
MATERIAS							
	ESPECIFICAÇÃO	MASSA (g)	VOLUME (m³)	OBSERVAÇÕES			
MATERIAL SECO		33240					
ÁGUA		5149					
OUTROS							
RELAÇÃO ÁGUA MATERIAL (%)		15					
ENSAIOS EM LABORATÓRIO							
ENSAIO PENETRAÇÃO DE CONE							
PESO VAZIO	PESO CHEIO	lo	li	VALOR: li - lo	l (médio)		
453,20	1168,3	1	56	55	54		
454,44	1160,8	1	54	53			
457,48	1168,7	1	55	54			
ENSAIO TEOR DE AR INCORPORADO		7,4					
ENSAIO VANE TEST		91	86	89	0	0	
ENSAIO DE MESA DE CONSISTÊNCIA							
284	293	299	MÉDIA			292	
ENSAIO RETENÇÃO DE ÁGUA							
PESO FUNIL + FILTRO	P. FUNIL + FILT. + AMOST.	PESAGEM 1,5 MIN.	PESAGEM 05 MIN.	PESAGEM 10 MIN.	PESAGEM 15 MIN.		
1170,2	2304,0	2287,5	2274,9	2271,9	2270,4		
%		89	81	79	78		
DENSIDADE MASSA MÉDIA (K/M³)						1788	

## APÊNDICE H

Tabela H1 – Valores de IRTR

Amostra	Compressão (Mpa)			Flexão (Mpa)			Res. Ad. Tração (Mpa)			Capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )			Dens. massa. Endurecido (Kg/m <sup>3</sup> )			Ar incorporado - %			Retenção de Água- %			DENS. Massa Fresco- Kg/m <sup>3</sup>			Ensaio de Pen. cone (mm)		
	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR	Requis.	Tecnol.	IRTR
A1	2,8	1,6	<b>0,57</b>	2	0,9	<b>0,45</b>	0,24	0,26	1,08	9,0	9,8	1,09	1568	1535	<b>0,98</b>	14	15,5	<b>1,11</b>	79	79	<b>1,01</b>	1560	1597	<b>1,02</b>	52	55	<b>1,05</b>
A2	2,7	1,4	<b>0,52</b>	1,9	1,4	<b>0,74</b>	0,29	0,24	<b>0,83</b>	8,7	7,3	<b>0,84</b>	1645	1468	<b>0,89</b>	14	14,6	<b>1,04</b>	75	89	<b>1,19</b>	1565	1653	<b>1,06</b>	60	62	<b>1,03</b>
A3	3,5	4,7	1,34	2	2,1	1,05	0,29	0,31	1,07	9,3	10,8	1,16	1621	1645	1,01	15	14,0	<b>0,93</b>	75	80	<b>1,07</b>	1764	1774	<b>1,01</b>	52	55	<b>1,06</b>
A4	6,0	6,3	1,05	2,9	3,2	1,10	0,49	0,54	1,10	10,4	9,3	<b>0,89</b>	1636	1598	<b>0,98</b>	13	15,5	<b>1,19</b>	75	93	<b>1,24</b>	1730	1709	<b>0,99</b>	56	52	<b>0,93</b>
A5	5,3	4,7	0,89	3,1	2,4	<b>0,77</b>	0,23	0,12	<b>0,52</b>	4,4	6,7	1,52	1465	1524	1,04	17	17	<b>1,00</b>	70	87	<b>1,24</b>	1606	1768	<b>1,10</b>	53	53	<b>1,01</b>
A6	4,6	6,7	1,46	2,1	2,8	1,33	0,36	0	<b>0,00</b>	17,7	10,2	<b>0,58</b>	1797	1920	1,07	5,9	2,7	<b>0,46</b>	84	86	<b>1,03</b>	2002	2088	<b>1,04</b>	58	58	<b>0,99</b>
A7	4,3	3,2	<b>0,74</b>	1,8	1,3	<b>0,72</b>	0,28	0,23	<b>0,82</b>	10,5	12,1	1,15	1735	1757	1,01	7,6	8,5	<b>1,12</b>	79	89	<b>1,12</b>	1909	1920	<b>1,01</b>	53	43	<b>0,81</b>
A8	2,7	2,6	<b>0,96</b>	2	1,8	<b>0,90</b>	0,42	0,24	<b>0,57</b>	6,1	5,2	<b>0,85</b>	1645	1633	<b>0,99</b>	14,5	15	<b>1,03</b>	87	90	<b>1,03</b>	1602	1686	<b>1,05</b>	62	62	<b>1,00</b>
A9	2,4	2,6	1,08	1,5	1,6	1,07	0,30	0,28	<b>0,93</b>	6,1	7,6	1,25	1392	1466	1,05	19	14,5	<b>0,76</b>	77	76	<b>0,99</b>	1546	1612	<b>1,04</b>	61	61	<b>1,00</b>
A10	14,6	14,3	<b>0,98</b>	4,4	3,9	<b>0,89</b>	0,36	0,55	1,53	0,1	0	<b>0,00</b>	1920	1949	1,02	6,25	7,8	<b>1,25</b>	81	91	<b>1,12</b>	2022	2040	<b>1,01</b>	56	49	<b>0,88</b>
A11	4,5	4,4	<b>0,98</b>	2,1	2,2	1,05	0,24	0,33	1,38	0,3	0,4	1,33	1645	1633	<b>0,99</b>	13,2	9,0	<b>0,68</b>	86	82	<b>0,95</b>	1673	1864	<b>1,11</b>	55	50	<b>0,91</b>
A12	7,4	5,8	<b>0,78</b>	2,8	2,0	<b>0,71</b>	0,61	0,39	<b>0,64</b>	9,7	8,5	<b>0,88</b>	1664	1722	1,03	9,0	9,4	<b>1,04</b>	75	81	<b>1,08</b>	1817	1856	<b>1,02</b>	62	35	<b>0,56</b>
A14	5,4	5,8	1,07	2,4	2,0	<b>0,83</b>	0,71	0,66	<b>0,93</b>	3,4	3,6	1,06	1599	1601	1,00	14	15,0	<b>1,07</b>	77	78	<b>1,01</b>	1700	1750	<b>1,03</b>	66	56	<b>0,85</b>
A16	7,2	4,4	<b>0,61</b>	2,2	2,1	<b>0,95</b>	0,52	0,30	<b>0,58</b>	11,3	7,1	<b>0,63</b>	1681	1775	1,06	13	11,0	<b>0,85</b>	76	78	<b>1,03</b>	1765	1809	<b>1,02</b>	54	37	<b>0,69</b>
A17	4,2	3,2	<b>0,76</b>	1,9	1,4	<b>0,74</b>	0,39	0,46	1,18	13,2	14,3	1,08	1700	1723	1,01	7,4	10,5	<b>1,42</b>	78	77	<b>0,99</b>	1788	1839	<b>1,03</b>	54	44	<b>0,81</b>

## APÊNDICE I

Tabela I1 - Amostras com valores espúrios (avaliações de Requisitos e Tecnológicos)

Amostra	Relação Água Mat. Seco (%)		Cone (mm)		Espalhamento (mm)		Ar (%)		Retenção de Água (%)		Dens. Massa Endurecido (Kg/m <sup>3</sup> )		Água Fabricante (%)
	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	
A13	23	22	55	34	272	257	3,6	3,8	84	83	1996	1995	26
A15	15	15	55	55	278	260	9,0	9,0	87	86	1883	1909	14,25 a 15,75

Tabela I2 – Valores espúrios (avaliações de Requisitos e Tecnológicos)

Amostr a	Resistência à Tração na Flexão - MPa		Resistência à compressão - MPa		Dutilidade (Flex/Comp)		Dens. de Massa Endurecido - Kg/m <sup>3</sup>		Aderência à Tração - MPa		Aderência Blocos Cerâmicos Mpa	Capilaridade - Ci (g/cm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )		Absorção de Água g/cm <sup>3</sup>		Retração aos 28 Dias (mm/m)	Perda Massa 28 dias (%)
	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Laborat.	Campo	Campo	Laborat.	Laborat.	Campo	Laborat.	Laborat.
A13	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9	1,1	1875	1851	-	0,14	0,14	20	21,1	14,3	14,2	-	0
A15	7	5,6	24,7	18,7	0,3	0,3	1820	1778	1,29	1,08	0,31	1,1	1,1	11,4	10,9	0,77	4,63

Tabela I3 - Valores Espúrios

Ensaio de caracterização das argamassas - Peneiras						
Amostra	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de finura	Dimensão Máxima Peneira %		% Passante # 200
A13	2,82	1,34	0,45	0,42	5,0	36,6
A15	2,73	1,76	1,32	1,18	0,0	28,5

Tabela I4 - Valores Espúrios

Ensaio de caracterização das areias - Laser			
Amostra	Intervalo Diâmetros -( $\mu$ m)	Maior Fração encontrada	
		Diâm. ( $\mu$ m)	%
A13	0,817 a 209,3	37,00	5,57
A15	0,409 a 148	22,00	6,88

APÊNDICE J

Figura J1 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A1

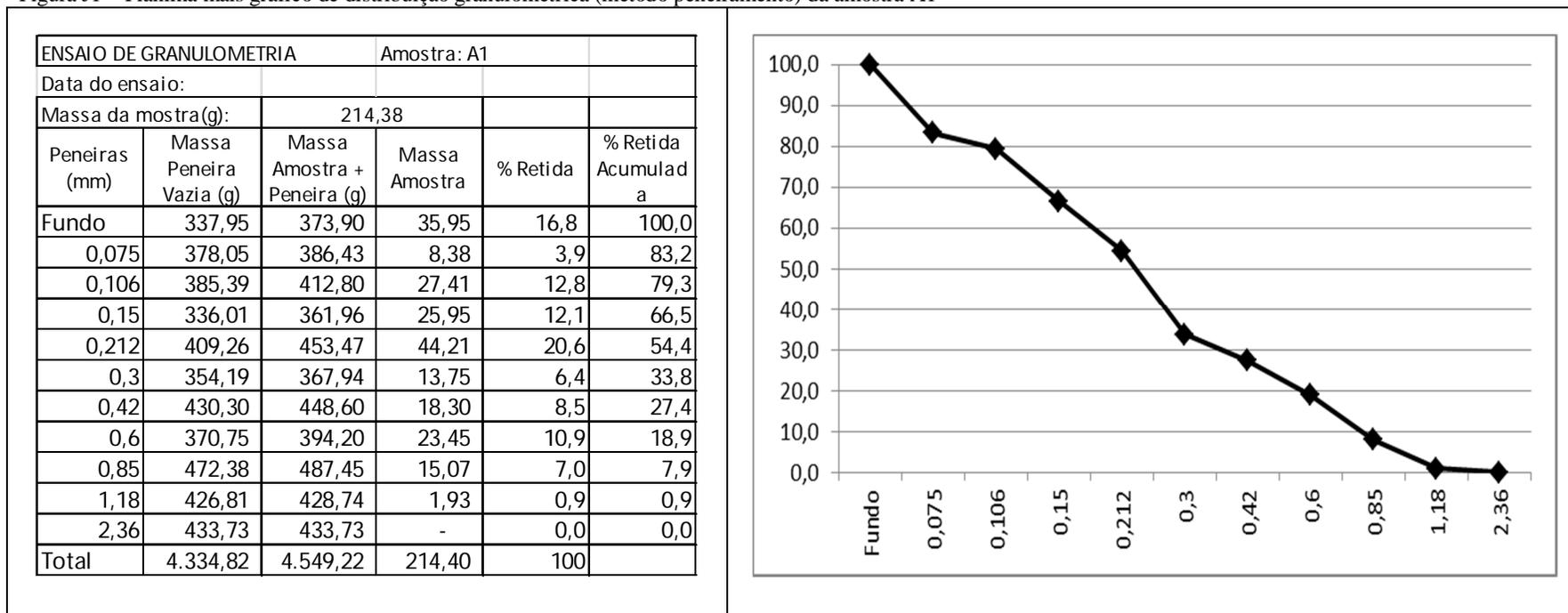


Figura J2 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A2

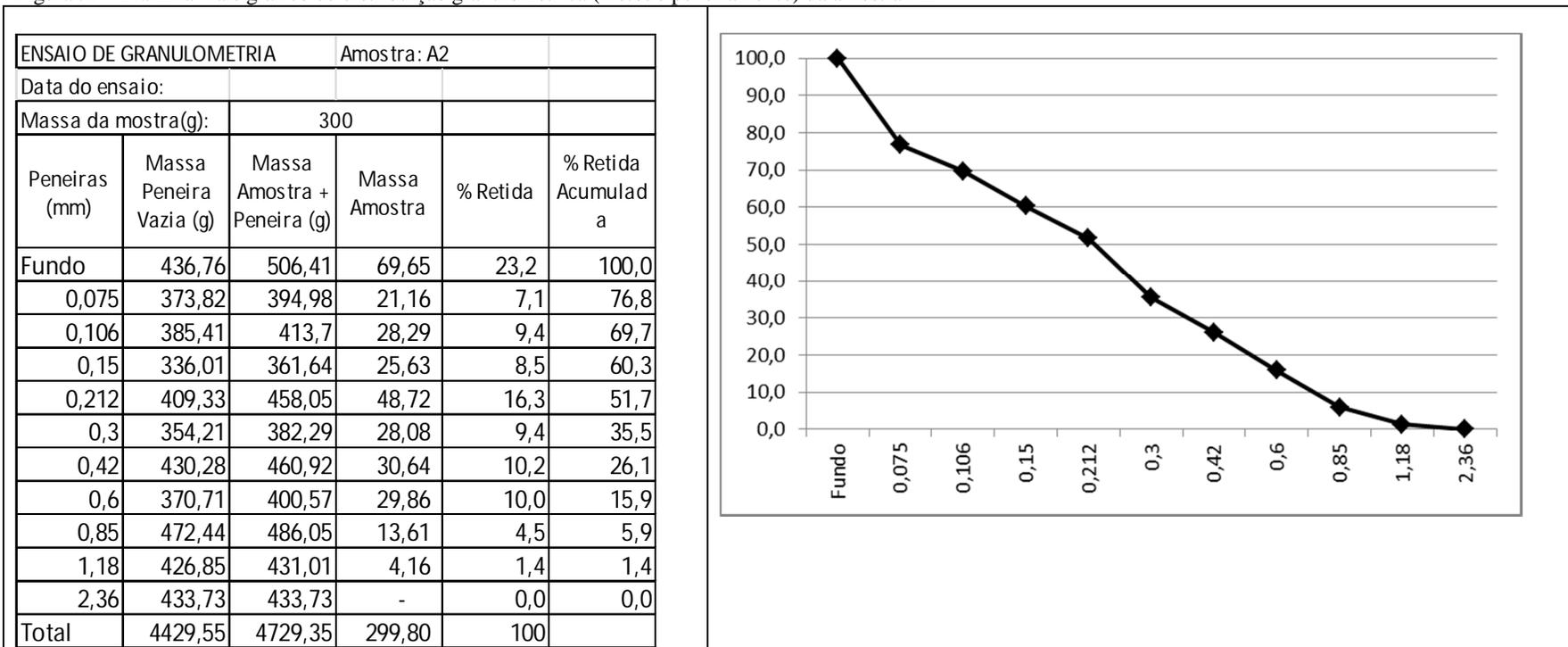


Figura J3 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A3

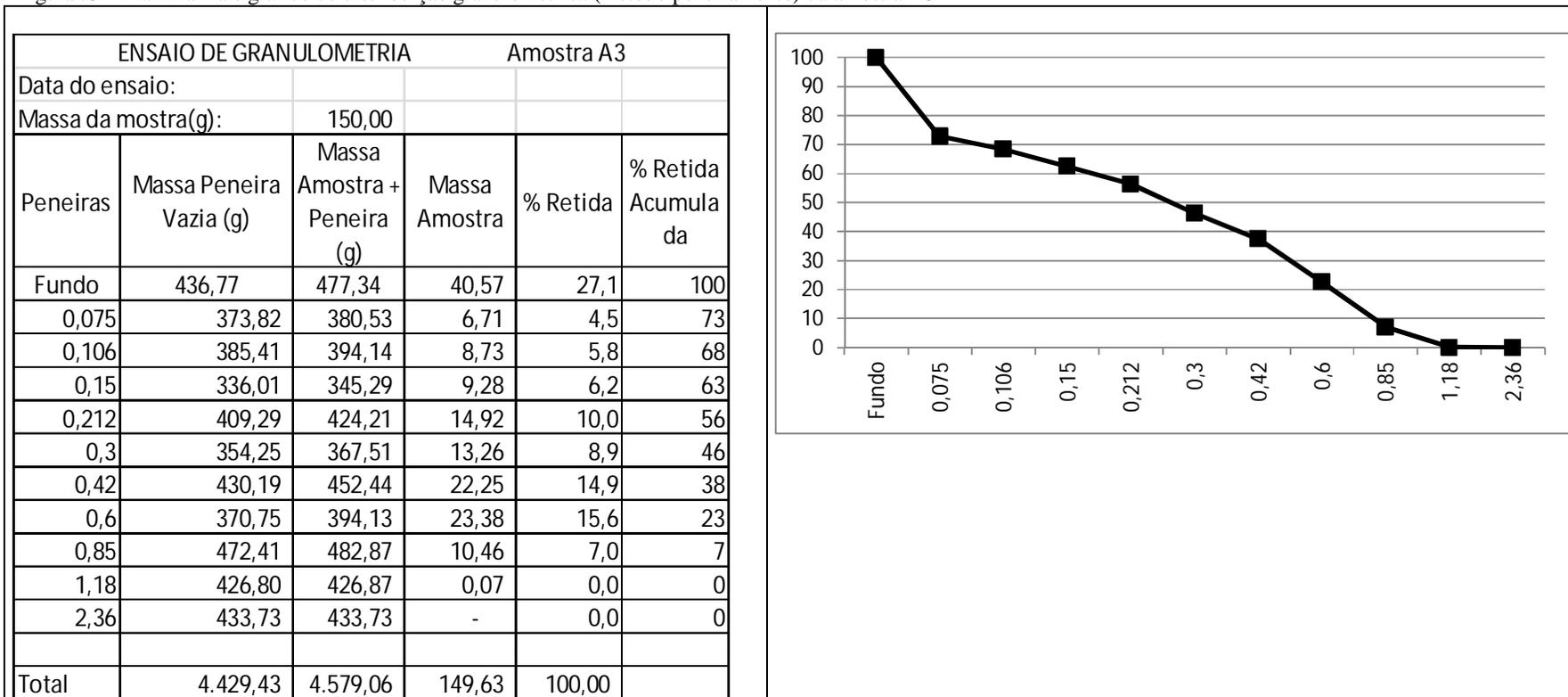


Figura J4 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A4

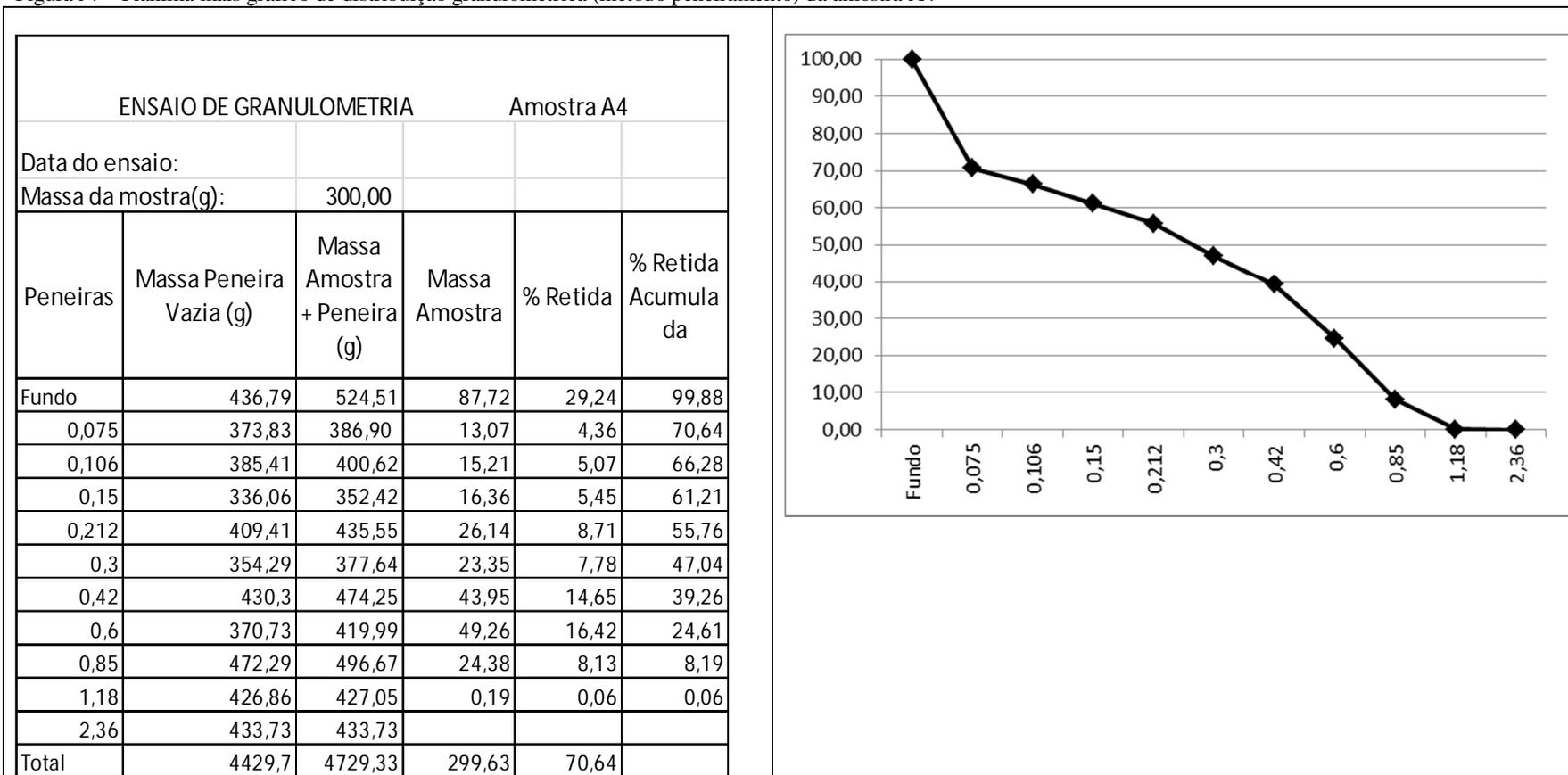


Figura J5 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A5

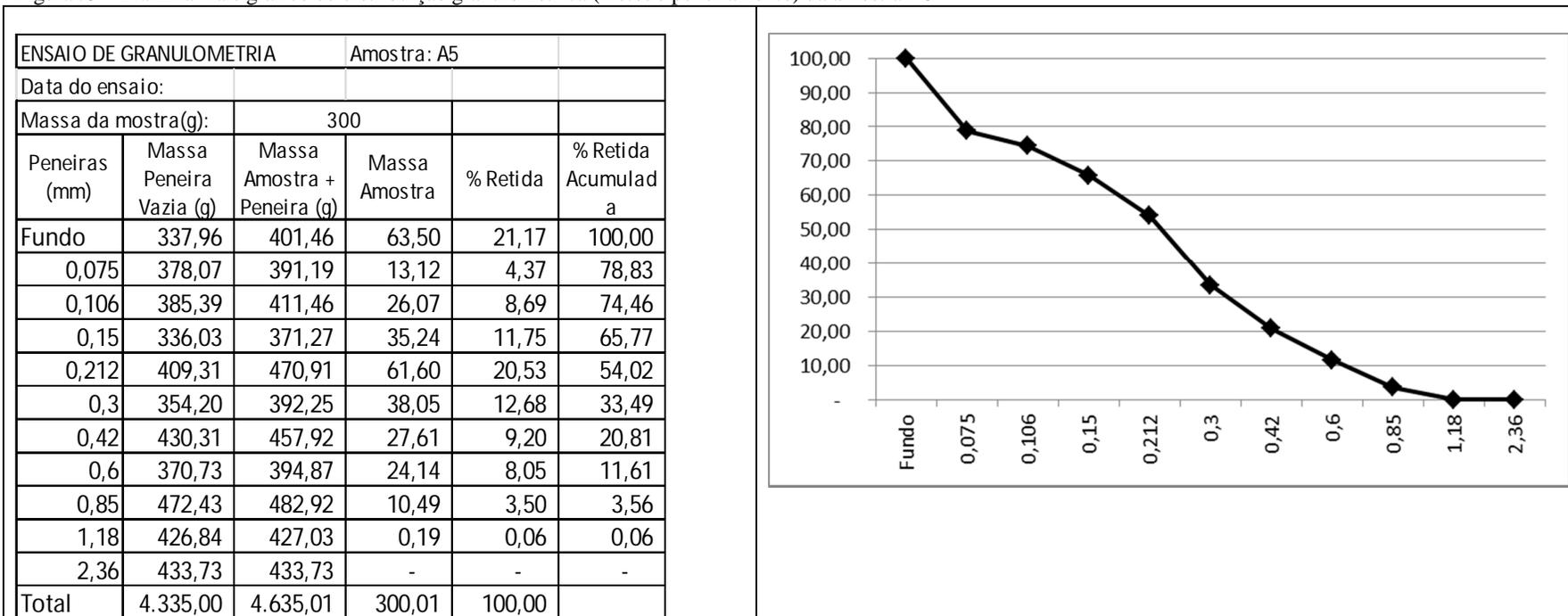


Figura J6 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A6

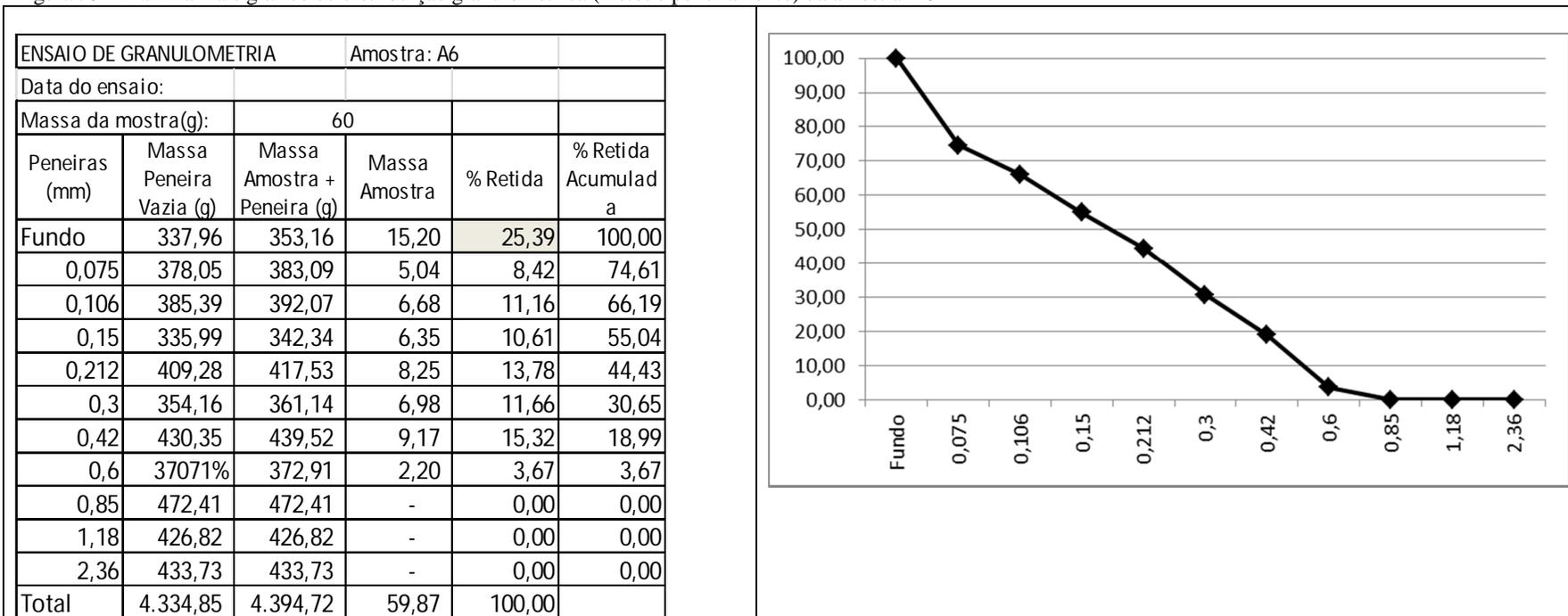


Figura J7 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A7

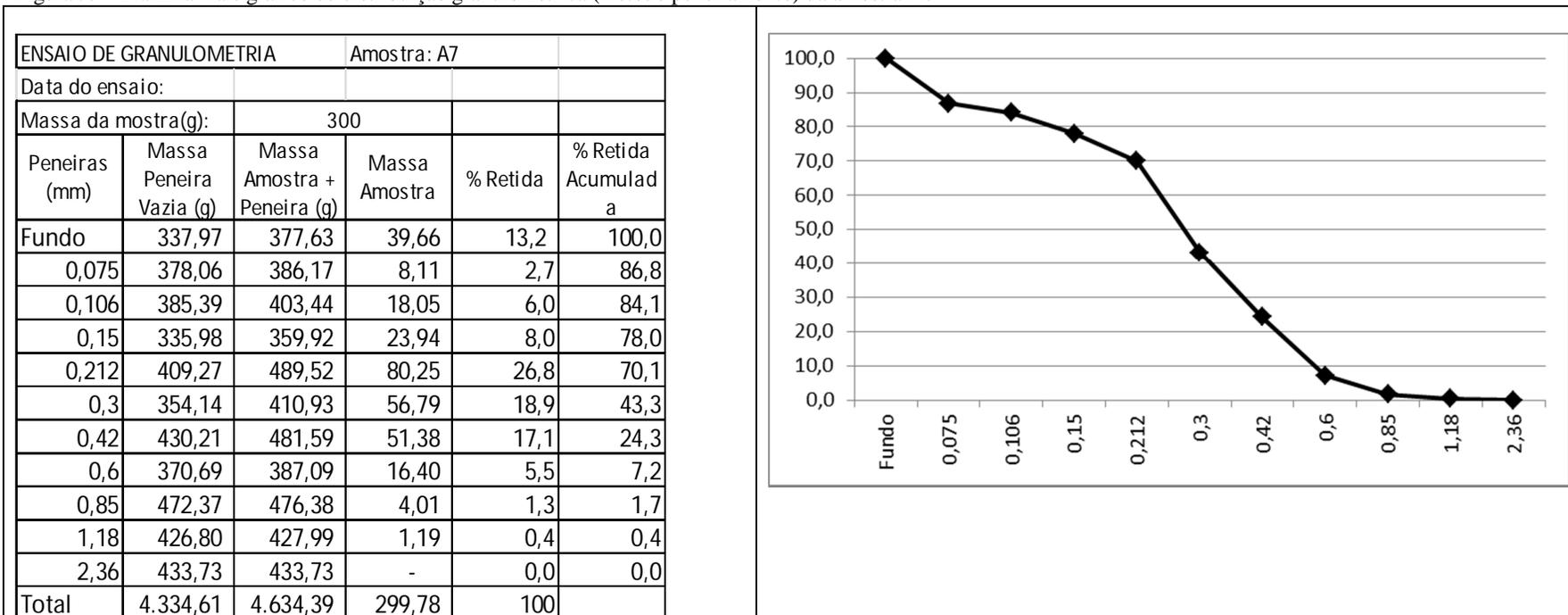


Figura J8 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A8

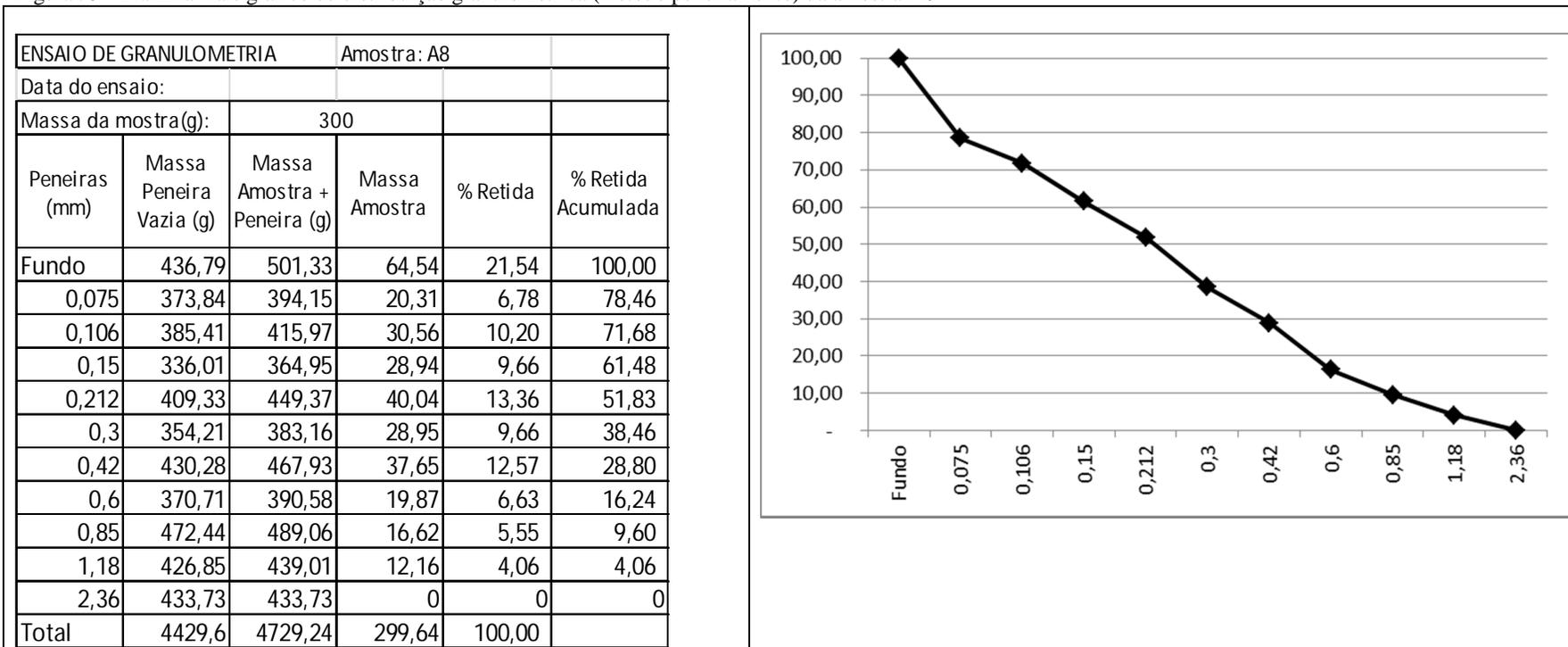


Figura J9 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A9

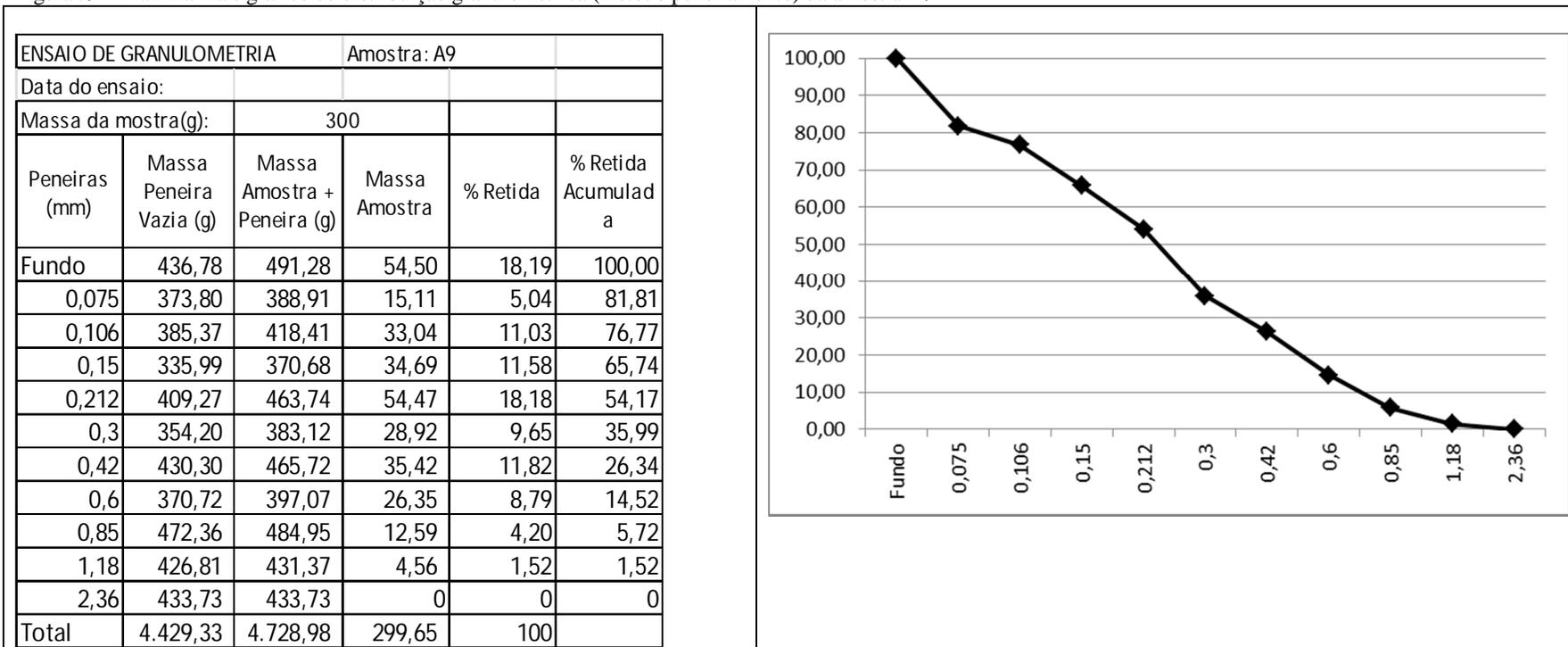


Figura J10 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A10

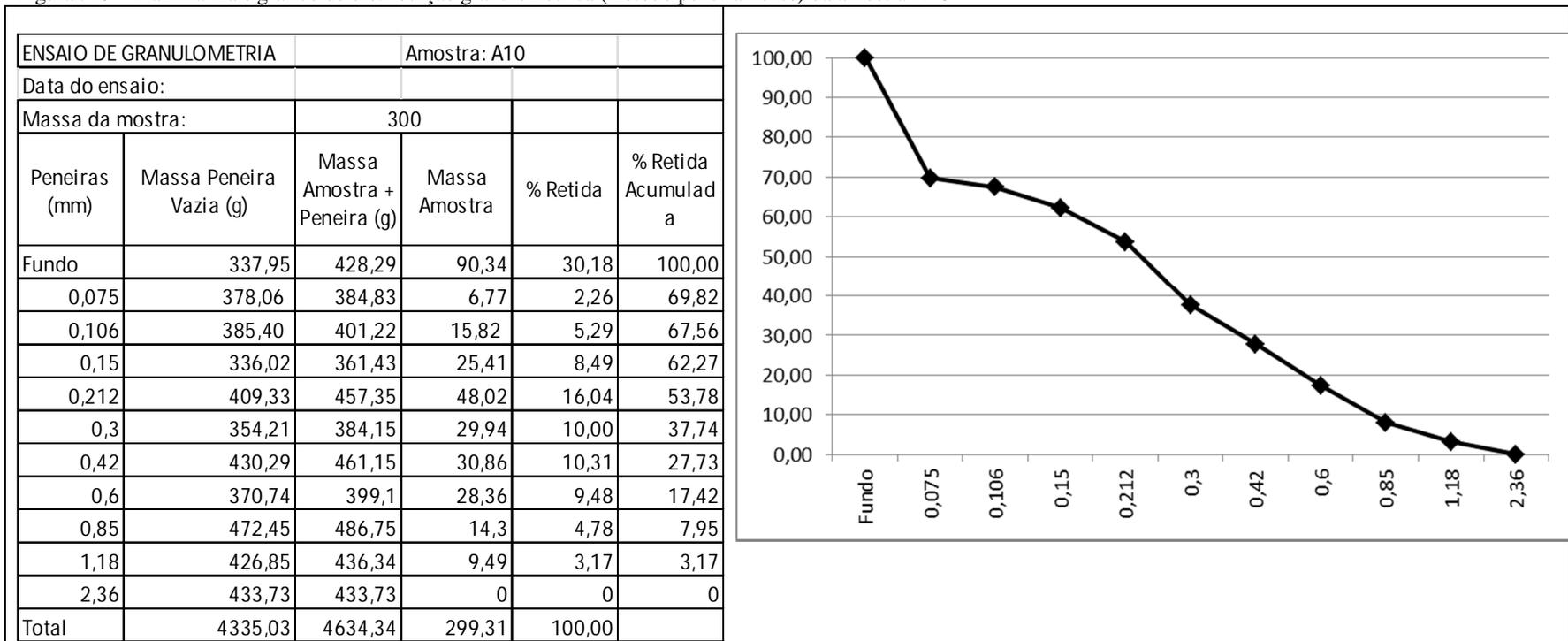


Figura J11 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A11

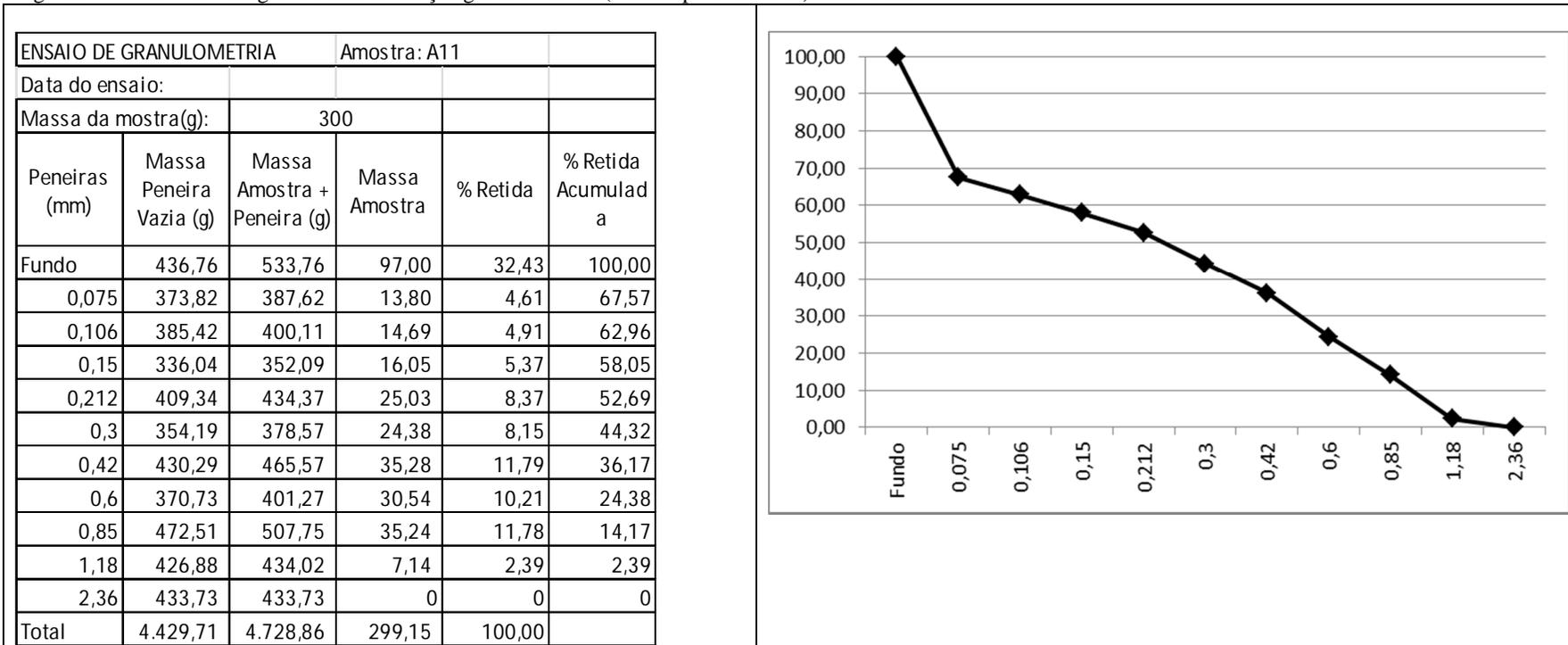


Figura J12 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A12

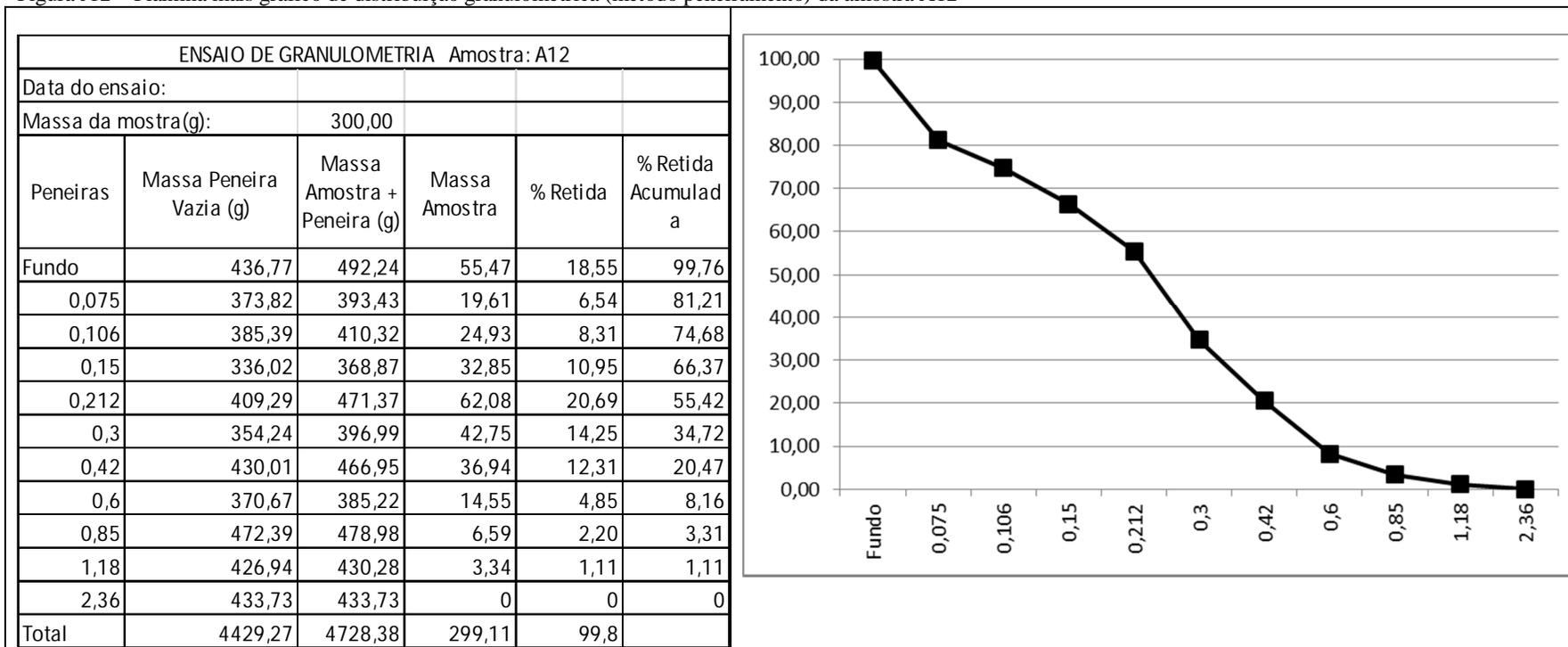


Figura J13 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A13

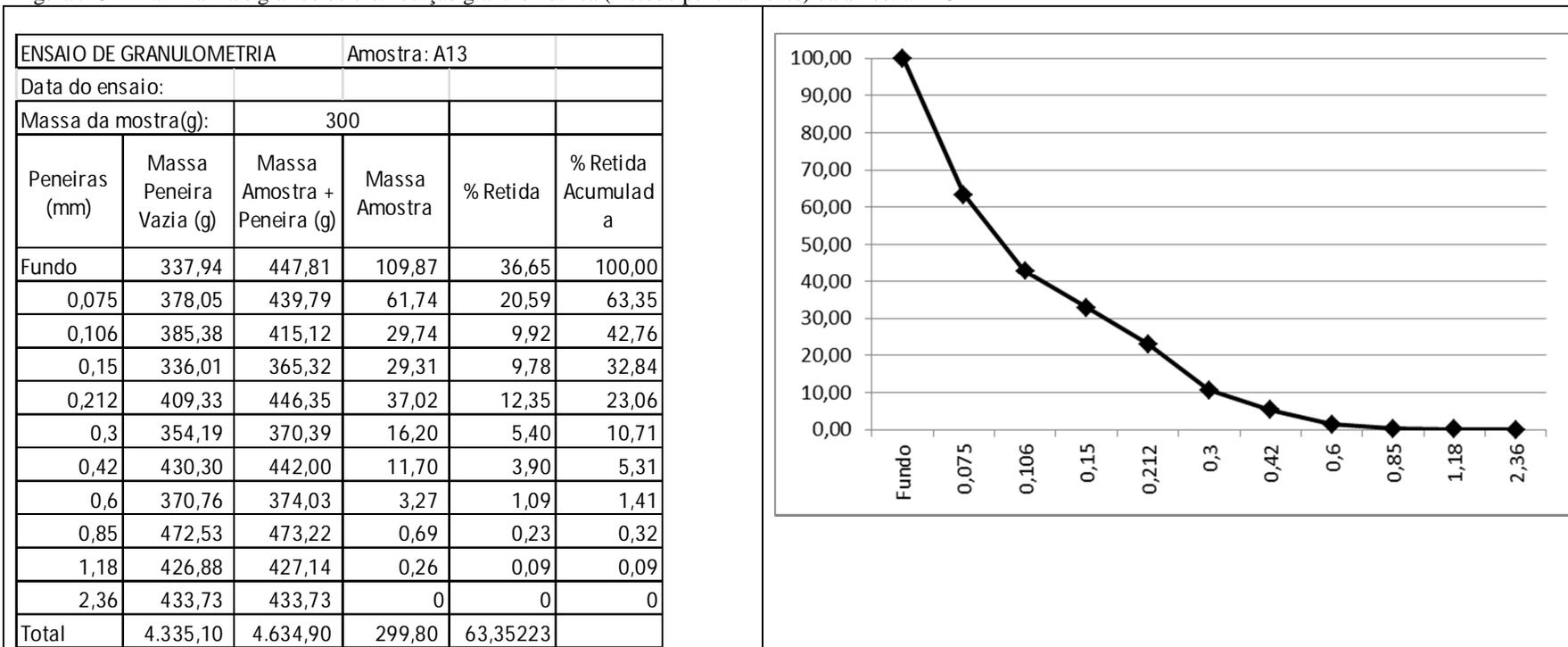


Figura J14 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A14

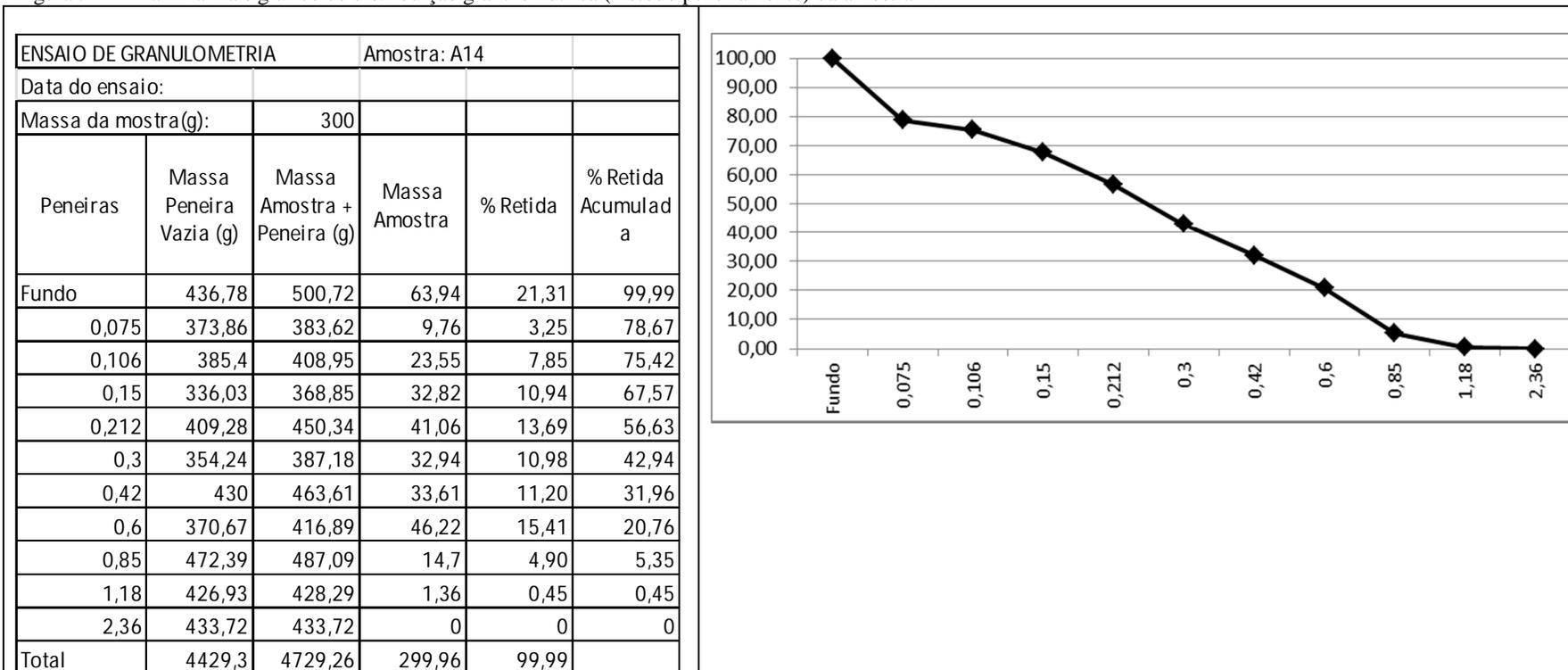


Figura J15 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A15

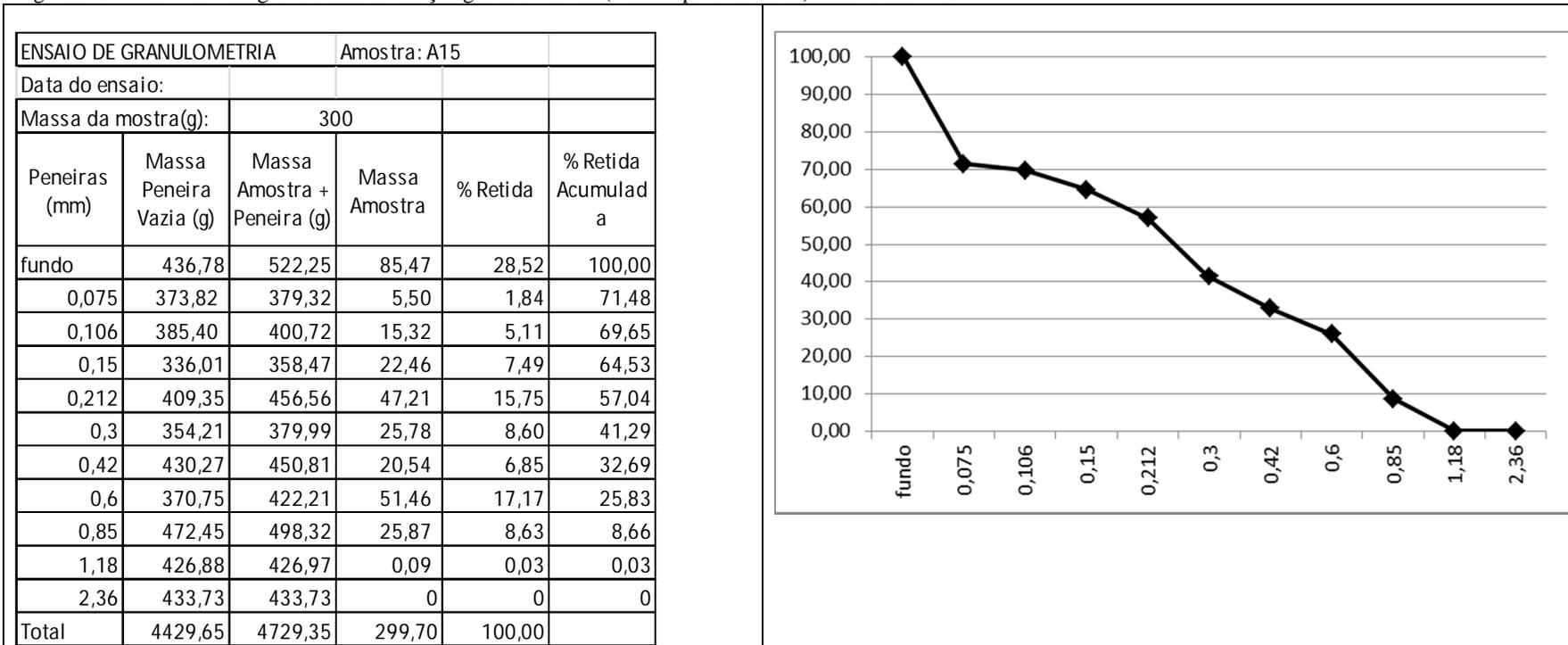


Figura J16 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A16

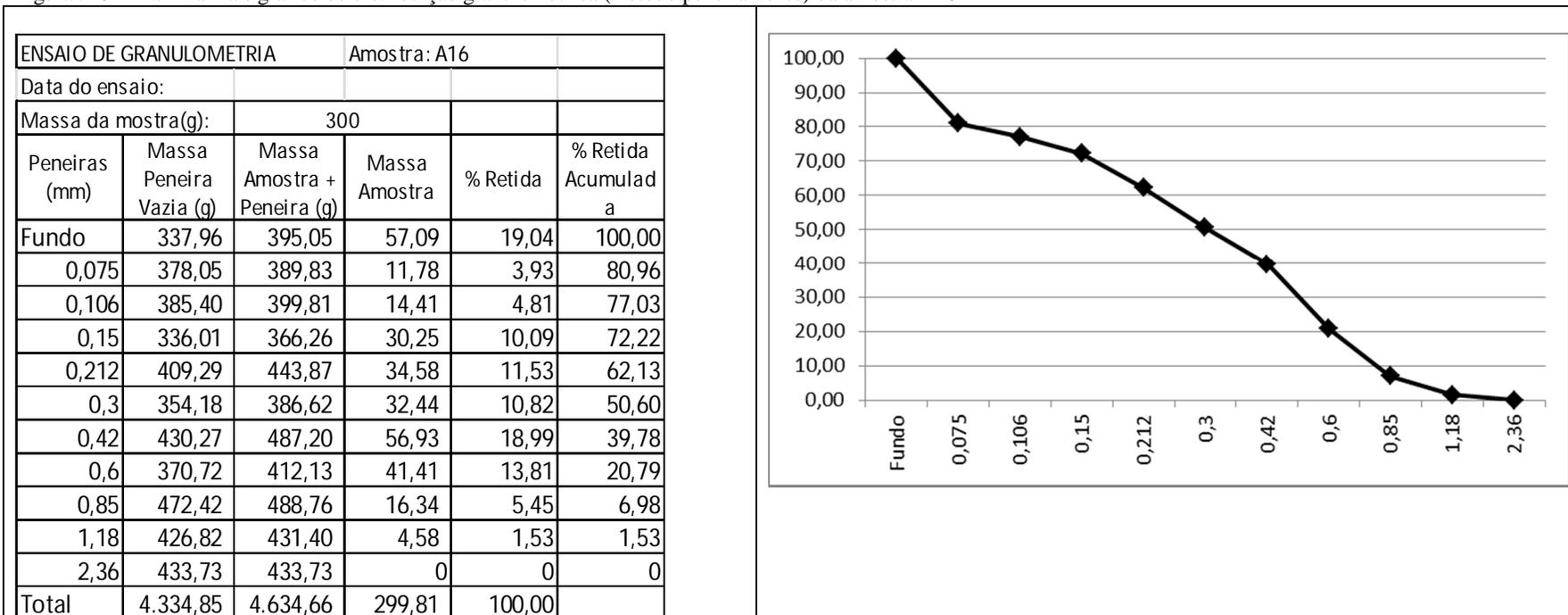


Figura J17 – Planilha mais gráfico de distribuição granulométrica (método peneiramento) da amostra A17

