

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS EXTERNOS DE ARGAMASSA  
EM SUBSTRATOS DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DAS  
CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E VENTILAÇÃO NA CURA DO  
CHAPISCO**

**Cristiane Borges Moura**

Porto Alegre  
dezembro 2007

**CRISTIANE BORGES MOURA**

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS EXTERNOS DE ARGAMASSA  
EM SUBSTRATOS DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DAS  
CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E VENTILAÇÃO NA CURA DO  
CHAPISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre  
dezembro 2007

M929a Moura, Cristiane Borges

Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto : influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco / Cristiane Borges Moura. – 2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ângela Borges Masuero  
Colaboração do Prof. Msc. Luis Carlos Bonin

1. Argamassa de revestimento. 2. Argamassa – Ensaios. 3. Ventilação.  
4. Temperatura. I. Masuero, Ângela Borges, orient. II. Título.

CDU-659.53(043)

**CRISTIANE BORGES MOURA**

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS EXTERNOS DE ARGAMASSA EM  
SUBSTRATOS DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE  
TEMPERATURA E VENTILAÇÃO NA CURA DO CHAPISCO**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de dezembro de 2007

**Prof<sup>a</sup>. Angela Borges Masuero**  
Dr<sup>a</sup>. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Orientadora

**Prof. Luis Carlos Bonin**  
Msc. pela Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul  
Colaborador

**Prof. Fernando Schnaid**  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof<sup>a</sup>. Helena Carasek (UFG)**  
Doutora pela USP

**Prof<sup>a</sup>. Marlova Kulakowski (UNISINOS)**  
Doutora pelo NORIE/UFRGS

**Prof<sup>a</sup>. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)**  
Doutora pela USP

Dedico este trabalho a meus pais Miriam e Marco Aurélio, minha irmã Camile e minhas avós Dina e Gladys.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente àquelas pessoas que, de diferentes maneiras, compartilharam e contribuíram em meus momentos de trabalho, de angústias e de conquistas, fazendo com que a realização deste tomasse um caminho muito mais seguro. Meus pais Miriam e Marco Aurélio, pela educação, acima de tudo. Meus tios Angela e João, por serem minha constante inspiração. Minha irmã e colega de NORIE Camile, pelo exemplo de dedicação a tudo que faz. E o Daniel, por tudo que fez pelo meu trabalho.

À minha orientadora Angela Borges Masuero e ao Prof. Luis Carlos Bonin, por sempre quererem mais, por sempre quererem o melhor. Pela dedicação à engenharia e à pesquisa. Aos demais professores do NORIE, em especial a Prof<sup>a</sup>. Denise Dal Molin, pela paixão com que transmite todo seu conhecimento.

À Laura Franke, pelo empenho, dedicação e, principalmente, competência como bolsista voluntária na realização de todo o trabalho.

Aos bolsistas Rafael Mascolo e João Paulo Walter, quem “peguei emprestado” por diversas vezes no decorrer do trabalho para as mais variadas atividades, sempre prontos para ajudar.

Aos demais bolsistas Luciana Kuhn, Henrique Tronco e Léo Zandonai, que também colaboraram com a realização desta pesquisa.

À Márcia, minha parceira de argamassa. A gente trabalhou, suou, se sujou, sofreu... Mas hoje vejo o quanto valeu a pena. À Sandra, minha colega arquiteta, amiga querida, dupla de créditos e de Comunidade. À Patti, responsável por momentos mais animados (e doces!) no meio de tanto stress.

Às parceiras de laboratório Simone Venquiaruto e Geilma Vieira, futuras doutoras brilhantes, por toda contribuição e por tudo o que me ensinaram, mesmo em conversas descontraídas nas horas (muitas vezes intermináveis) de laboratório.

Aos amigos que o NORIE e o Daniel me deram e que considero meus “irmãos mais velhos”, por quem tenho imenso carinho e admiração: Cristóvão Cordeiro, Fábio Schramm e Paulo Jorge.

Aos demais colegas do grupo de matérias: Ana Paula Kirchheim, Edna Possan, Cristiane Pauletti, Francieli Tiecher, Luciana Pandolfo, Alexandre Vargas, Bernardo Tutikian e Paulo Salvador.

Ao Fontes, por construir idéias inicialmente impossíveis. Ao Airton e Éder, pela indispensável ajuda no laboratório que fez o trabalho acontecer.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pelos dados fornecidos.

Às empresas que doaram os materiais utilizados nesta pesquisa.

E à CIENTEC, pelo empréstimo do aparelho de arrancamento.

## RESUMO

MOURA, C.B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

A prevenção de manifestações patológicas em revestimentos de argamassa, em especial os descolamentos, é refletida no interesse das empresas construtoras e pesquisadores por um maior conhecimento das propriedades dos elementos constituintes do sistema, bem como dos fatores externos. Destes pode-se citar as variáveis que intervêm nos mecanismos de aderência, porém que não são controláveis, como a temperatura, umidade e ventilação. Neste contexto, o presente trabalho objetiva analisar a influência da ação do vento e da temperatura elevada durante a cura da argamassa de chapisco na aderência dos revestimentos externos de argamassa aplicados em substratos de concreto. Foram moldados prismas nas dimensões 40x45x10cm, com resistência aos 28 dias de 37MPa. Utilizou-se 3 argamassas de chapisco, uma dosada em obra com traço 1:5,67 (em massa com areia seca) e outras duas industrializadas de diferentes fabricantes. Também foram utilizadas 3 argamassas de revestimento, uma dosada em obra com traço 1:0,78:6,5 (em massa com areia seca), e outras duas industrializadas de diferentes fabricantes, sendo os mesmos das argamassas de chapisco. Combinou-se os tipos de argamassa de chapisco e revestimento juntamente com o modo de preparo de cada para a composição de diferentes sistemas de revestimento, num total de 90 combinações aplicadas em 45 prismas. Em todos eles, uma das faces recebia a ação do vento durante a cura de três dias da argamassa de chapisco e em 18 deles ambas as faces recebiam também a ação da temperatura de 40°C (os demais eram curados a 23°C). As argamassas de revestimento eram curadas durante 28 dias a uma temperatura de 23±2°C, sem a ação do vento. A umidade relativa do ar foi fixada em 60±5%. Foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração do revestimento pela NBR 13528/95 e ensaios e de caracterização do concreto do substrato e das argamassas, estes últimos conforme prescrições da NBR 13281/05. Corpos-de-prova das argamassas de chapisco também foram curadas sob as mesmas condições a que os primas foram submetidas. As resistências médias de aderência obtidas variaram de 0,01 a 0,32MPa para chapiscos convencionais, 0,03 a 0,36MPa para os industrializados 1 e 0,06 a 0,33MPa para os industrializados 2. Com os dados obtidos fez-se análise estatística de variância (ANOVA). Os resultados demonstraram que a ação da ventilação e do calor influenciaram de forma significativa a resistência de aderência, sendo responsáveis por uma queda de 0,014MPa e 0,085MPa, respectivamente. Também se mostraram significativas as variáveis tipo de argamassa de chapisco e de revestimento.

Palavras-chave: sistema de revestimento; argamassa de revestimento; argamassa de chapisco, resistência de aderência; substrato de concreto; condições de cura; temperatura; ventilação.



## ABSTRACT

MOURA, C.B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura da camada de preparo com argamassa de chapisco.** 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

### **External mortar rendering bond in concrete substrates: influence of temperature and ventilation conditions during the slurry layer curing.**

The prevention of pathological manifestations in mortar renderings, in special case the detachment, reflected a concern of researches and construction companies aiming the knowledge of materials and rendering systems properties, as well as any other external factors. In this case, some variables that intervene (however not-controllable) in the bond strength mechanisms can be cited, as the temperature, humidity and ventilation. In this context, this work objective to analyze the influence of wind and high temperature during the slurry mortar cure and this relationship with the bond of external mortar renderings in concrete substrates. Concrete prisms of 40x45x10cm had been molded, with strength at 28 days of 37MPa. Three mixes of slurry mortars had been used, one proportioned in situ with a cement/aggregate proportion of 1:5,67(in mass) and two other different pre-mixed slurry mortars. Also three mixes of rendering mortars had been used, one proportioned in situ with a cement/limestone/aggregate proportion of 1:0,78: 6,5 (in mass), and two other different pre-mixed mortars. A total of 45 prisms with 90 combinations (with the different slurry and rendering mortars, as well as different sample preparations) had been produced. For each prism, one of the rendered faces had been assayed simulating the wind action during the three days cure of the slurry mortar and in 18 from both them the faces covered also had been assayed with the action of 40°C temperature (the others were cured at 23°C). Rendering mortars were cured at 23±2°C during 28 days, without wind influence. The humidity was fixed in 60±5%. The mortars (according NBR 13281/05) and concrete substrata characterization, as well as assays of tensile bond strength of the rendering (according NBR 13528/95) had been carried through. Samples of slurry mortars were also cured over the same conditions the prisms were submitted. All data obtained had been statistically analyzed trough variance analysis (ANOVA). The results had demonstrated that the wind effect and the heat condition had influenced significantly the bond strength. The type of slurry or rendering mortar had also revealed significant effect in the bond strength.

Key-words: rendering mortar; slurry mortar; tensile bond strength; concrete substrate; cure conditions; temperature; ventilation.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	12
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	15
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 OBJETIVOS .....	20
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2 SISTEMAS DE REVESTIMENTO EM ARGAMASSA</b> .....	22
<b>3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM SUBSTRATOS DE CONCRETO</b> .....	24
3.1 MECANISMOS DE ADERÊNCIA .....	24
3.1.1 Adesão Inicial .....	25
3.1.2 Aderência .....	25
3.1.3 Microestrutura da Interface Substrato/ Revestimento .....	28
3.2 INFLUÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO .....	30
3.2.1 Influência dos Materiais Constituintes .....	30
3.2.2 Influência das Propriedades .....	36
3.2.2.1 Trabalhabilidade, Consistência e Plasticidade .....	36
3.2.2.2 Retenção de Água .....	37
3.2.2.3 Teor de Ar Incorporado .....	39
3.2.2.4 Resistência Mecânica – Flexão e Compressão .....	40
3.2.2.5 Absorção .....	43
3.2.2.6 Elasticidade .....	44
3.2.3 Influência do Preparo e Aplicação .....	45
3.3 INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DO SUBSTRATO .....	48
3.4 INFLUÊNCIA DA CAMADA DE PREPARO EM ARGAMASSA DE CHAPISCO .....	49
3.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE CURA .....	54
3.5.1 Efeito da Umidade Relativa do Ar .....	55
3.5.2 Efeito da Temperatura .....	56
3.5.3 Efeito da Ventilação .....	58
<b>4 PROGRAMA EXPERIMENTAL</b> .....	60
4.1 VARIÁVEIS UTILIZADAS ..	60
4.2 ELEMENTOS NÃO VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL .....	62
4.2.1 Substrato de Concreto .....	62
4.2.1.1 Dimensões do Substrato .....	62
4.2.1.2 Fôrmas para Concretagem .....	62

4.2.1.3 Definição e Caracterização dos Materiais Constituintes .....	63
4.2.1.3.1 <i>Cimento</i> .....	63
4.2.1.3.2 <i>Agregados</i> .....	64
4.2.1.4 Resistência do Concreto Utilizada e Dosagem Preliminar .....	64
4.2.1.5 Moldagem e Cura dos Prismas .....	67
4.2.1.6 Tratamento Superficial .....	68
<b>4.2.2 Condições de Cura do Sistema Revestimento</b> .....	69
4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....	69
<b>4.3.1 Condições Ambientais de Cura da Camada de Preparo</b> .....	74
4.3.1.1 Ação do Vento .....	75
4.3.1.2 Ação da Temperatura .....	77
<b>4.3.2 Camada de Preparo – Argamassa de Chapisco</b> .....	79
<b>4.3.3 Argamassa de Revestimento</b> .....	84
4.4 ENSAIOS REALIZADOS – VARIÁVEIS DE RESPOSTA .....	89
<b>4.4.1 Método de Ensaio para Análise da Aderência – Resistência de Aderência à Tração</b> .....	90
<b>4.4.2 Métodos de Ensaio para Caracterização e Controle dos Materiais</b> .....	94
4.4.2.1 Concreto do Substrato .....	93
4.4.2.1.1 <i>Resistência à Compressão</i> .....	93
4.4.2.1.2 <i>Penetração de Água por Sucção Capilar</i> .....	95
4.4.2.2 Argamassa de Chapisco .....	97
4.4.2.2.1 <i>Resistência à Tração na Flexão e à Compressão</i> .....	97
4.4.2.2.2 <i>Absorção de Água</i> .....	98
4.4.2.3 Argamassa de Revestimento .....	99
4.4.2.3.1 <i>Densidade de Massa no Estado Fresco e Teor de Ar Incorporado</i> .....	99
4.4.2.3.2 <i>Retenção de Água no Estado Fresco</i> .....	99
4.4.2.3.3 <i>Resistência à Tração na Flexão e à Compressão</i> .....	100
4.4.2.3.4 <i>Densidade de Massa no Estado Endurecido</i> .....	100
4.4.2.3.5 <i>Absorção de Água</i> .....	101
4.4.2.3.6 <i>Módulo de Deformação Dinâmico</i> .....	101
<b>4.4.3 Resumo dos Ensaios</b> .....	103
<b>5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	104
5.1 CONCRETO DO SUBSTRATO .....	104
5.1.1 Resistência à Compressão .....	104
5.1.2 Penetração de Água por Sucção Capilar – Absortividade .....	105

5.2 ARGAMASSA DE CHAPISCO .....	108
5.2.1 Resistência à Tração na Flexão .....	108
5.2.2 Resistência à Compressão .....	115
5.2.3 Absorção de Água e Coeficiente de Capilaridade .....	121
5.3 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO.....	125
5.3.1 Densidade de Massa no Estado Fresco e Teor de Ar Incorporado .....	125
5.3.2 Retenção de Água no Estado Fresco .....	128
5.3.3 Densidade de Massa no Estado Endurecido .....	130
5.3.4 Resistência à Tração na Flexão e à Compressão .....	132
5.3.5 Absorção de Água .....	137
5.3.6 Módulo de Deformação Dinâmico .....	140
5.4 SISTEMA REVESTIMENTO .....	142
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	160
7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....	162
REFERÊNCIAS .....	164

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: imagem de microscopia eletrônica de uma argamassa com alto teor de ar incorporado (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRÁLIA, 2001) .....	40
Figura 2: imagens com aumento aproximado de 30 vezes mostrando a aparência das argamassas (a) sem aditivo de proteína animal e (b) com 0,2% de aditivo (JASICZAK e ZIELINSKI, 2005).....	44
Figura 3: superfície com aplicação de chapisco convencional (CEOTTO <i>et al.</i> , 2005) .....	51
Figura 4: superfície com aplicação de chapisco industrializado desempenado (CEOTTO <i>et al.</i> , 2005).....	52
Figura 5: superfície com aplicação de chapisco rolado (CEOTTO <i>et al.</i> , 2005).....	53
Figura 6: configuração dos prismas e revestimentos do programa experimental.....	61
Figura 7: diagrama de dosagem.....	66
Figura 8: moldagem dos prismas .....	67
Figura 9: superfície do concreto (a) antes e (b) após a execução do tratamento superficial .....	68
Figura 10: esquema inicial do cruzamento das variáveis independentes.....	69
Figura 11: esquema inicial das combinações resultantes das variáveis independentes .....	70
Figura 12: esquema final das combinações resultantes das variáveis independentes .....	72
Figura 13: exposição dos prismas à ação do vento na sala climatizada.....	76
Figura 14: exposição dos prismas à ação do vento na caixa aquecida .....	76
Figura 15: representação esquemática da caixa aquecida utilizada .....	78
Figura 16: caixa aquecida (a) sendo preparada para o ensaio e (b) fechada, durante a realização do mesmo.....	78
Figura 17: variação do índice de consistência por dia e modo de preparo.....	83
Figura 18: aplicação da argamassa de chapisco: (a) imprimação, (b) aplicação da camada espessa e (c) execução das ranhuras .....	84
Figura 19: variação do índice de consistência por dia de preparo .....	88
Figura 20: argamassa Industrializada 2 aplicada, (a) antes do sarrafeamento e (b) após o desempenho .....	89
Figura 21: esquema dos ensaios realizados .....	90
Figura 22: posicionamento dos furos nos prismas (dimensões em centímetros).....	92
Figura 23: corte dos corpos-de-prova .....	92
Figura 24: superfície do prisma preparada para a realização do ensaio .....	93
Figura 25: vista do acoplamento do aderímetro nas pastilhas para realização do ensaio.....	94
Figura 26: ensaio de sucção capilar em andamento .....	96
Figura 27: ruptura dos corpos-de-prova (a) prismáticos 4x4x16cm à tração na flexão e (b) metade resultante da ruptura à tração na flexão submetida à compressão ..	98
Figura 28: aspecto dos corpos-de-prova devido à sucção capilar (a) aos 10 minutos e (b) aos 90 minutos .....	99
Figura 29: resistência média à compressão dos corpos-de-prova do concreto moldado para o substrato .....	105
Figura 30: taxa de absorção individual das amostras .....	106
Figura 31: resistência capilar individual das amostras .....	107
Figura 32: valores médios, máximos e mínimos de resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco por argamassa e condição de cura.....	110

Figura 33: influência do tipo de argamassa de chapisco na resistência à tração na flexão .....	112
Figura 34: influência da ação do calor na resistência à tração na flexão .....	113
Figura 35: influência do modo de preparo na resistência à tração na flexão .....	113
Figura 36: interação dos efeitos do modo de preparo e da temperatura na resistência à tração na flexão .....	115
Figura 37: valores médios, máximos e mínimos de resistência à compressão das argamassas de chapisco por argamassa e condição de cura.....	118
Figura 38: influência do tipo de argamassa de chapisco na resistência à compressão .....	120
Figura 39: efeito isolado da ação do calor na resistência à compressão .....	120
Figura 40: interação dos efeitos do modo de preparo e da temperatura na resistência à compressão.....	121
Figura 41: valores médios, máximos e mínimos de absorção das argamassas de chapisco aos 10min e 90min .....	123
Figura 42: coeficiente de capilaridade das argamassas de chapisco em função da resistência à tração na flexão.....	124
Figura 43: coeficiente de capilaridade das argamassas de chapisco em função da resistência à compressão.....	125
Figura 44: densidade de massa no estado fresco de cada dia de preparo das argamassas de revestimento .....	126
Figura 45: teor de ar incorporado de cada dia de preparo das argamassas de revestimento .....	128
Figura 46: retenção de água média das argamassas de revestimento.....	129
Figura 47: densidade de massa no estado endurecido para cada dia de moldagem das argamassas de revestimento.....	130
Figura 48: densidade de massa no estado fresco e endurecido das argamassas de revestimento .....	131
Figura 49: resistência à tração na flexão de corpos-de-prova das argamassas de revestimento .....	134
Figura 50: resistência à compressão de corpos-de-prova das argamassas de revestimento .....	136
Figura 51: valores médios, máximos e mínimos de absorção das argamassas de revestimento aos 10min e 90min.....	138
Figura 52: coeficiente de capilaridade das argamassas de revestimento em função da resistência à tração na flexão .....	139
Figura 53: coeficiente de capilaridade das argamassas de revestimento em função da resistência à compressão .....	140
Figura 54: módulo de elasticidade dinâmico das argamassas de revestimento.....	141
Figura 55: influência do tipo de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento .....	151
Figura 56: influência do tipo de argamassa de revestimento na resistência de aderência do sistema .....	152
Figura 57: influência da ação do vento na resistência de aderência do sistema revestimento .....	153
Figura 58: influência da ação da temperatura na resistência de aderência do sistema revestimento.....	154
Figura 59: forma de ruptura combinada no chapisco mais na interface argamassa de chapisco/argamassa de revestimento (a) nos corpos-de-prova ensaiados e (b) em um local correspondente no prisma.....	155

Figura 60: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de chapisco e tipo de argamassa de revestimento na resistência de aderência do sistema .....	156
Figura 61: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de chapisco e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento.....	158
Figura 62: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de revestimento e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento .....	159
Figura 63: efeito da interação das variáveis ação do vento e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento .....	160

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: caracterização química, física e mecânica do cimento Portland CPIV-32 RS .....	63
Tabela 2: distribuição granulométrica e caracterização física da areia regular utilizada.....	64
Tabela 3: distribuição granulométrica e caracterização física da brita utilizada.....	64
Tabela 4: características dos traços dosados com teor de argamassa $\alpha=53\%$ .....	65
Tabela 5: traço unitário e quantificação de materiais para $F_{dij}=37\text{MPa}$ .....	66
Tabela 6: abatimento obtido nas concretagens .....	67
Tabela 7: combinação de todas as variáveis independentes .....	73
Tabela 8: ciclagem de exposição da camada de preparo em argamassa de chapisco a $40^{\circ}\text{C}$ .....	79
Tabela 9: quantidade de água para cada mistura e consistência das argamassas de chapisco obtida no primeiro preparo .....	80
Tabela 10: índice de consistência das argamassas de chapisco.....	82
Tabela 11: análise de variância (ANOVA) do efeito dos diferentes dias de preparo na consistência das argamassas de chapisco .....	82
Tabela 12: distribuição granulométrica e caracterização física da areia utilizada ...	85
Tabela 13: caracterização química e física da cal hidratada tipo CH III.....	86
Tabela 14: quantidade de água para cada mistura e consistência das argamassas de revestimento obtida no primeiro preparo.....	86
Tabela 15: índice de consistência das argamassas de revestimento .....	87
Tabela 16: análise de variância (ANOVA) do efeito dos diferentes dias de preparo na consistência das argamassas de revestimento .....	88
Tabela 17: resumo dos ensaios realizados .....	103
Tabela 18: resistências médias dos corpos-de-prova de concreto .....	104
Tabela 19: taxa de absorção e a resistência capilar das amostras referentes aos concretos dos substratos.....	106
Tabela 20: análise de variância (ANOVA) do efeito das diferentes amostras na taxa de absorção dos concretos .....	107
Tabela 21: análise de variância (ANOVA) do efeito das diferentes amostras na resistência capilar dos concretos .....	108
Tabela 22: resistência média (4 corpos-de-prova) à tração na flexão das argamassas de chapisco.....	109
Tabela 23: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco, do modo de preparo, da ação do vento, da ação da temperatura e interação das variáveis na resistência à tração na flexão .....	111
Tabela 24: resistência média (4 corpos-de-prova) à compressão das argamassas de chapisco.....	116
Tabela 25: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco, do modo de preparo, da ação do vento, da ação da temperatura e interação das variáveis na resistência à compressão .....	119
Tabela 26: absorção média aos 10min, 90min e coeficiente de capilaridade de corpos-de-prova das argamassas de chapisco.....	122
Tabela 27: densidade de massa média no estado fresco e teor de ar incorporado das argamassas de revestimento.....	126
Tabela 28: retenção de água média das argamassas de revestimento .....	129
Tabela 29: densidade de massa no estado endurecido das argamassas de revestimento .....	130



Tabela 30: resistência à tração na flexão média (6 corpos-de-prova) das argamassas de revestimento por dia de moldagem.....	133
Tabela 31: resistência à compressão média (6 corpos-de-prova) das argamassas de revestimento por dia de moldagem.....	135
Tabela 32: absorção média aos 10min, 90min e coeficiente de capilaridade de corpos-de-prova das argamassas de revestimento .....	137
Tabela 33: módulo de deformação dinâmico das argamassas de revestimento ...	141
Tabela 34: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Convencional.....	144
Tabela 35: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Industrializado 1 .....	146
Tabela 36: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Industrializado 2.....	148
Tabela 37: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado e interação das variáveis na resistência de aderência dos sistemas de revestimento.....	150



# 1 INTRODUÇÃO

Os revestimentos de argamassa, embora sejam um sistema construtivo largamente utilizado e sejam assim empregados antes mesmo que qualquer outro sistema de revestimento, atualmente têm despertado um grande interesse por parte de pesquisadores e empresas construtoras. Este interesse se justifica, em parte, pela busca de novas técnicas e sistemas construtivos, para o aperfeiçoamento da indústria da construção civil, mas, também, e principalmente, pela busca de um maior conhecimento e entendimento das propriedades das argamassas de revestimento e do comportamento destas como produto revestimento, e não só como material.

Nesta linha de pesquisa que estuda as argamassas como um sistema pode-se citar trabalhos recentes realizados no Brasil, como os apresentados no Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, no ano de 2007, por Silva *et al.*, Paravisi *et al.*, Termoche-esquivel *et al.*, Carasek *et al.*, Kazmierczac *et al.* Também, demonstrando o interesse no tema por parte das empresas construtoras, a Comunidade da Construção, constituída por um grupo de instituições e empresas que juntas discutem e estudam temas variados da construção civil, tem pesquisado, no pólo da região Sul, os sistemas de revestimento de fachada em argamassa (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2005).

Esta busca por conhecimento é caracterizada pela necessidade de solucionar e prevenir a ocorrência de manifestações patológicas nos revestimentos em argamassa, que estão se tornando cada vez mais freqüentes nas edificações. Dentre estas manifestações pode-se citar fissuras, insuficiência de aderência (descolamento), retração, manchas de umidade, entre outras. Destas manifestações, um levantamento realizado por Costa (2005) em obras localizadas na cidade de Porto Alegre aponta fissuras e descolamentos como sendo as de maior ocorrência, totalizando, aproximadamente, 67% das manifestações patológicas apresentadas. Em outro estudo de caso, este realizado por Carasek *et al.* (2005) na cidade de Brasília em nove obras, também foi detectado o descolamento com fissuras como principal manifestação.

Considerando estas manifestações patológicas de maior ocorrência, um cuidado especial deve ser dado aos casos de descolamento. Primeiramente, pelo fato do

descolamento de revestimento em argamassa em fachadas externas ser um indicativo de perigo para os usuários da edificação e pedestres; depois, pela vulnerabilidade à entrada de água no local do descolamento, o que desencadeia outras manifestações patológicas; e, ainda, pelo efeito estético indesejado.

No que diz respeito às manifestações patológicas de descolamento, o conhecimento apenas das argamassas não seria satisfatório, já que este é resultado da falta de aderência entre substrato e revestimento, da interação entre eles. Problemas decorrentes desta interação e que originam os descolamentos podem ser de diversas naturezas, que, na maioria dos casos, são desconhecidas. Candia (1998) e Araújo Jr. (2004) confirmam ser o desconhecimento das argamassas, dos substratos, das técnicas de execução, das condições do sítio e das relações entre eles o principal gerador de manifestações. Da mesma forma, Carasek (1996) conclui ser fundamental que se conheça “[...] os materiais, a interação argamassa-substrato, os mecanismos de ligação e os fatores intervenientes, [...]”. Considerando, portanto, os inúmeros tipos de argamassas e substratos expostos a diversas condições do ambiente em que estão inseridos e de execução, tem-se uma vasta gama de combinações a serem estudadas.

Dentre os casos de descolamento de revestimento, os que têm gerado grande preocupação são aqueles em que o revestimento é aplicado sobre base de concreto. Da mesma forma que a busca pelo aperfeiçoamento das construções leva ao desenvolvimento de novas técnicas e sistemas, leva também à busca pela competitividade. E esta competitividade vem ocasionando uma mudança nas características das estruturas de concreto, resultado do aumento da altura das edificações que exige uma estrutura mais robusta, de maior seção, reduzindo assim a área útil das edificações, o que não é desejado. Como solução a isto, cria-se elementos estruturais mais esbeltos e eleva-se a resistência do concreto. O aumento desta propicia concretos de baixa porosidade, que associado ao uso de fôrmas de maior desempenho, implica em superfícies lisas de difícil aderência do revestimento. Além disso, no decorrer de sua vida útil, há um aumento da deformabilidade da estrutura, o que interfere na durabilidade da aderência.

Atualmente, poucas das pesquisas que estão sendo desenvolvidas têm como foco substratos de concreto estrutural e argamassa como revestimento, e não reparo.

Pode-se citar o trabalho desenvolvido por Silva (2004), porém este estuda apenas a aderência da interface substrato de concreto com a argamassa de chapisco, não considerando a argamassa de revestimento, que pode alterar o comportamento desta interface quando formado o sistema de revestimento. Portanto é, primeiramente, neste contexto em que o presente trabalho se insere, buscando analisar o comportamento dos revestimentos externos em argamassa – camada de preparo da base e camada de revestimento – aplicadas em bases de concreto estrutural e das variáveis que influenciam no mecanismo de aderência entre substrato/revestimento.

Conforme o anteriormente exposto, existem inúmeras variáveis que podem influenciar o desempenho de um revestimento, como o tratamento superficial do substrato, a camada de preparo, os tipos de materiais utilizados, a forma de execução e as condições de cura. Dentre estas variáveis, algumas são controláveis, como os materiais. Outras, porém, como as condições ambientais de cura, por não serem controláveis, acarretam no desconhecimento de suas reais influências à aderência substrato/revestimento.

No caso da forma de execução, um treinamento rigoroso e um controle da equipe de trabalho e dos equipamentos utilizados pode reduzir a possível variabilidade do desempenho dos revestimentos ocasionado por esta variável. Já as condições ambientais de cura são variáveis não controladas e não previsíveis, características estas agravadas na cidade de Porto Alegre, onde a variação térmica em um mesmo dia pode ser bastante elevada (chegando a ultrapassar 20°C de variação), a umidade relativa do ar é normalmente alta (80%) e as condições de ventilação podem ser muito severas, dependendo da orientação e localização da construção.

Assim como o tema concreto estrutural como substrato de revestimento em argamassa, a influência das condições ambientais de cura do revestimento é pouco pesquisada. Existem muitos trabalhos que estudam a influência da umidade e temperatura de cura em concretos e pastas de cimento, como, por exemplo, os de Camarini (1996), Bauer (1999), Melo (1999), Menou (2004), Lion *et al.* (2005); porém são poucos os que estudam estas variáveis em argamassas ou, ainda em menor número, em sistemas de revestimento. Ainda menos estudada é a ação da ventilação como agente na cura dos revestimentos, apesar de se saber que a

ação do vento pode ser muito severa e desta já ser amplamente estudada quanto aos esforços gerados nas estruturas.

A partir desta lacuna em pesquisas realizadas e embora as condições ambientais de cura não sejam controláveis, este trabalho busca analisar a influência combinada destas na cura das argamassas e seu efeito na resistência de aderência do sistema de revestimento, para que, conhecidas as causas, se busque evitar, minimizar ou corrigir precocemente os efeitos.

## 1.1 OBJETIVOS

Como objetivo principal, o presente trabalho busca analisar a influência das condições ambientais de calor e vento durante a cura da camada de preparo de argamassa de chapisco na aderência dos revestimentos externos de argamassa aplicados sobre substratos de concreto. A análise buscará definir, qualitativamente, se há influência e de que forma ela se manifesta e, quantitativamente, que reflexo esta influência tem na resistência de aderência do revestimento em argamassa.

Como objetivo secundário, será verificado, comparativamente, de que maneira a ação das condições de cura se manifesta nas diferentes combinações formadas pelas argamassas de chapisco e de revestimento.

Por fim, este trabalho também objetiva, a partir dos ensaios de caracterização e controle dos materiais utilizados, relacionar as propriedades dos mesmos e compará-las com o desempenho do sistema quanto à resistência de aderência.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado em sete capítulos. Este primeiro apresenta uma introdução ao tema abordado e a contextualização da pesquisa na realidade da construção civil da cidade de Porto Alegre.

Os capítulos 2 e 3 caracterizam os elementos presentes na pesquisa, através da revisão de literatura especializada. O Capítulo 2 aborda o tema sistema de

revestimento em argamassa, suas definições, características e funções. O terceiro capítulo refere-se ao tema aderência dos revestimentos em argamassa em substratos de concreto, apresentando os mecanismos de aderência e a influência nesta dos elementos e materiais que constituem o sistema. Também caracteriza as argamassas de revestimento e de chapisco e suas relações com a resistência de aderência. Finalizando a revisão, o capítulo trata da influência das condições de cura – umidade, temperatura e ventilação.

No Capítulo 4 é descrita a metodologia de pesquisa adotada, através do detalhamento do programa experimental – caracterização dos materiais utilizados e descrição dos componentes e das etapas de execução dos ensaios realizados.

No Capítulo 5 são apresentados, discutidos e relacionados os resultados dos ensaios descritos no programa experimental.

Finalizando, o Capítulo 6 apresenta as considerações que resumem os resultados obtidos a partir dos objetivos propostos, e o Capítulo 7 apresenta sugestões para trabalhos futuros a partir de questionamentos surgidos com a realização desta pesquisa.

## 2 SISTEMAS DE REVESTIMENTO EM ARGAMASSA

O sistema de revestimento em argamassa é definido pela NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), como o "Conjunto formado por revestimento em argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto". A mesma norma ainda define revestimento em argamassa como "Cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo, ou constituir-se em acabamento final".

Alguns autores definem o revestimento em argamassa como um subsistema integrante das vedações verticais (CANDIA, 1998; CORTEZ, 1999; ARAÚJO JUNIOR, 2004), outros (BAUER, 1992; ALVES, 2002) o consideram um próprio sistema. Este é formado pelo substrato (de vedação ou estrutural), pela camada de preparo da base, pela camada de revestimento único ou emboço para acabamento decorativo. Já Costa (1995) acrescenta à definição as técnicas de produção, que englobam a especificação dos materiais e os métodos de execução.

A partir destas definições, o cobrimento em argamassa deve exercer as funções de proteção e acabamento estético aos elementos de estrutura e vedação das edificações. Como proteção, o revestimento deve garantir a estanqueidade à água e gases poluentes e isolamento térmico e acústico compatíveis com os requisitos de conforto. Como acabamento estético, o revestimento deve proporcionar a regularização das superfícies e deve dar, quando for o caso, um acabamento final satisfatório aos requisitos de estética. Alves (2002), citando Peres (1985), coloca que "[...] um revestimento comum pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 70 a 100% responsável pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum".

Por exercer estas funções, a qualidade do sistema revestimento tem influência direta na habitabilidade das edificações, no que se refere à salubridade, conforto e durabilidade. Quanto à durabilidade deve ser considerada a conservação das características e da integridade do material, bem como o custo de manutenção (BAUER, 1992). Quanto ao conforto, Cortez (1999) acrescenta ao conforto térmico e



acústico questões funcionais, como adaptação ao uso, e estéticas, como conforto visual e tátil. Quanto à salubridade, o bom desempenho do sistema revestimento é garantido se exercer suas funções de estanqueidade e impermeabilização.

A estes requisitos de desempenho soma-se a estabilidade (BAUER, 1992; TRISTÃO, 1995), que se traduz na capacidade do revestimento de absorver as tensões provenientes das deformações da alvenaria e estrutura e do próprio revestimento, e da conseqüente movimentação diferencial na interface entre estas elementos; sem que ocorra o descolamento do revestimento.

Segundo Vieira *et al.* (2005), o desempenho dos revestimento em argamassa é influenciado tanto pelo substrato a que será aplicado como pelas condições de exposição deste revestimento. É influenciado também pelos tipos de argamassas e suas características reológicas (CANDIA e FRANCO, 2000), classificadas a partir dos materiais empregados, do proporcionamento dos materiais na mistura e da forma de preparo e execução, que têm, como conseqüência, as propriedades apresentadas por cada tipo. A partir destas premissas, Pereira *et al.* (2005) afirmam que:

Conhecer os materiais, saber avaliar as propriedades dos substratos, argamassas e revestimentos, e principalmente ter capacidade de bem avaliar a interação estabelecida entre a argamassa e o substrato são preceitos básicos para se construir revestimentos eficientes e duráveis.

Além das características relativas à produção dos sistemas de revestimento, o desempenho destes depende também do uso, operação e manutenção das edificações. A manutenção interfere no desempenho dos revestimentos devido sua natureza. Considerando que sua função é manter o desempenho para o qual o revestimento foi executado, "[...] a manutenção deve ser interpretada como uma ação programada preventiva de futuros problemas e não apenas como atividade corretiva de problemas observados." (RESENDE *et al.*, 2002), pois, neste último caso, já se perdeu algum dos requisitos de desempenho.

### 3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM SUBSTRATOS DE CONCRETO

A *aderência* entre argamassa e substrato pode ser definida como o resultado da união das propriedades de resistência de aderência à tração da camada de revestimento, de resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência entre as superfícies (SABATINI, 1984 apud CANDIA, 1998; SCARTEZINI, 2002; SELMO 1989 apud SILVA, 2004; GONÇALVES, 2004). As resistências de aderência são, segundo Antunes (2005), a combinação dos efeitos da entrada da argamassa nos poros do substrato e da resistência mecânica desta argamassa e das forças de ligação superficiais entre argamassa e substrato. Já a extensão de aderência é definida como sendo “[...] a razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida [...]” (SCARTEZINI, 2002; ANTUNES, 2005).

Sistemas de revestimentos de argamassa aplicadas sobre superfícies de concreto são, segundo Nascimento *et al.* (2005), uma atividade cotidiana, e que, apesar disto, em função das características dos concretos de alta resistência produzidos atualmente, vêm apresentando inúmeros problemas de aderência. Desta forma, é imprescindível que sejam conhecidos os mecanismos de aderência entre revestimento e substrato e, também, a influência deste substrato nestes mecanismos.

#### 3.1 MECANISMOS DE ADERÊNCIA

Os mecanismos que promovem a aderência entre argamassa e substrato são verificados tanto na argamassa fresca, no instante em que estes entram em contato, o que é denominado *adesão inicial*; quanto na argamassa endurecida, o que é considerado a *aderência* propriamente dita (CARASEK, 1996).

Dentre os fatores que condicionam os mecanismos de aderência estão aqueles que os afetam diretamente (ou que afetam a microancoragem da argamassa ao substrato), como a capacidade de absorção do substrato, a estrutura de poros do mesmo, a composição da argamassa de revestimento e sua capacidade de retenção de água e as condições de cura. Indiretamente (ou afetando a macroancoragem ao substrato), pode-se citar a influência da rugosidade do substrato e a mão-de-obra de execução do revestimento (TAHA e SHRIVE, 2001).

### 3.1.1 Adesão Inicial

A adesão inicial das argamassas de revestimento, por ser uma propriedade específica das mesmas no estado fresco, é inicialmente – e diretamente – influenciada pelas características reológicas das argamassas (ROSELLO, 1976 apud CARASEK, 1996 e CANDIA, 1998).

Estas características influenciam na tensão superficial gerada na interface com o substrato no momento do contato, tensão esta que resultará nas forças de adesão, que devem ser “[...] fortes e estáveis o suficiente para assegurar que essa interface formada não seja o elo fraco das uniões dos materiais.” (PAES, 2004). A influência das características reológicas na tensão superficial e a influência desta na força de adesão pode ser melhor entendida pela teoria das ligações interfaciais entre um líquido (a pasta da argamassa) e um sólido (substrato).

Para uma adequada adesão é imprescindível que o líquido cubra completamente a superfície do sólido, sem deixar vazios na interface (PAES, 2004). Esta capacidade dos líquidos, denominada “molhabilidade”, é favorecida quando há uma redução da tensão superficial, que é conseguida a partir da redução do ângulo de contato. Por sua vez, a redução do ângulo de contato é obtida através de alterações nas características reológicas das argamassas, como o aumento da plasticidade pela adição de cal (GONÇALVES, 2004) ou aditivos incorporadores de ar e retentores de água (CARASEK, 1996). Também, segundo Carasek, alterações na composição das argamassas podem favorecer a adesão, como o aumento do teor de cimento, que ocasiona uma redução na tensão superficial.

### 3.1.2 Aderência

Segundo diversos autores (CARASEK, 1996; CANDIA, 1998, SCARTEZINI 2002; SCARTEZINI e CARASEK, 2003<sup>a</sup>), a aderência entre um substrato poroso e a argamassa de revestimento ocorre através de um fenômeno essencialmente mecânico. Este mecanismo é caracterizado, basicamente, pela “[...]transferência de água que ocorre entre a argamassa e o substrato.” (SCARTEZINI e CARASEK, 2003<sup>a</sup>), possibilitando a entrada da pasta de cimento nos poros do concreto que, ao hidratar, precipita hidróxidos e silicatos que promovem a ancoragem do

revestimento. A pasta que é absorvida pelo substrato pode encontrar-se em dissolução ou estado coloidal, segundo Carasek (1996).

Para entender a transferência de água entre a argamassa e substrato é preciso ver ambos como sistemas de poros. Segundo Carasek (1996), "o sistema de poros do substrato é modelado através de um conjunto de tubos cilíndricos paralelos independentes, abertos, perpendiculares à superfície da argamassa, de raios constantes ao longo do tempo e inicialmente vazios". Os poros da argamassa também são modelados como tubos cilíndricos independentes, porém estes possuem raios variáveis por serem originários dos vazios formados pelos grãos de cimento e agregado, e encontram-se inicialmente saturados.

Desta forma, o transporte de água pode ser explicado pela teoria dos poros ativos, que relaciona a capilaridade e a conseqüente capacidade de absorção dos substratos e a capacidade de retenção das argamassas. Segundo Scartezini (2002), poros ativos são aqueles que "[...] possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção da água". Gallegos (1995), citado por Candia (1998) ainda coloca que os poros ativos são aqueles em que o raio varia de  $0,01\mu\text{m}$  a  $10\mu\text{m}$ . Os poros de tamanho inferior, apesar de exercerem grande força de sucção, não absorvem quantidade de água significativa para influenciar na aderência do revestimento. Para que a força de sucção dos poros do substrato vença a força de retenção das argamassas, é necessário que os primeiros sejam inferiores aos segundos.

À força de sucção dos substratos soma-se a tensão superficial da água (CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, 1982), que é caracterizada por um fenômeno físico que ocorre em função do desequilíbrio de pressão, que resulta na entrada de água nos poros do substrato quando a pressão externa supera a interna.

Detriché e Maso (1986) citados por Scartezini (2002) acrescentam aos mecanismos de transporte de água uma força de repulsão da água presente nos poros da argamassa para os poros do substrato devido retração da argamassa fresca ocasionada pela redução dos poros em função da perda da água por sucção do substrato.

O equilíbrio entre a força de sucção dos poros capilares do substrato e a força de retenção da argamassa ocorre quando o diâmetro dos poros da argamassa iguala-se ao dos poros do substrato. Neste instante, cessa-se o fluxo de água por absorção capilar (SCARTEZINI, 2002) e inicia-se o fluxo por difusão (OUZIT, 1990 apud PAES, 2004). Este só ocorrerá se a força de sucção do substrato for suficiente para que ocorra tal mecanismo mesmo em ambiente saturado. O coeficiente de difusão dependerá, assim, do tamanho das moléculas e dos poros capilares em que entrarão por difusão, sendo maior quanto maior forem os segundos em relação às primeiras (PAES, 2004).

Além da aderência pelo fenômeno mecânico de ancoragem dos produtos de hidratação nos poros do substrato, Gonçalves (2004) cita a influência, embora em menor escala, de fenômenos físicos. Estes ocorrem em função da proximidade das moléculas do substrato e da argamassa, que se atraem pelas forças elétricas de Van der Waals. O efeito desta atração é a adsorção das moléculas de água pelo substrato (PAES, 2004).

Embora não influencie de forma direta nos mecanismos de aderência, é importante citar também o transporte de água que ocorre em sentido contrário ao do substrato: a evaporação. Segundo Bastos (2001), a argamassa no estado fresco perde vapor de água para o ambiente pelo desequilíbrio de umidade, sendo que a água migra do ambiente mais saturado para o menos saturado. Considerando que a umidade relativa do ar é sempre inferior a 100%, o que caracteriza a argamassa saturada no estado fresco, sempre ocorrerá a evaporação. A influência indireta da evaporação na aderência dos revestimentos ocorre em função de sua intensidade, se irá interferir ou não na quantidade de água necessária para as reações de hidratação.

Além da ancoragem microestrutural, outro mecanismo de aderência é a macroancoragem pela rugosidade superficial do substrato. Este mecanismo será apresentado no item referente às características e propriedades do substrato que influenciam na resistência de aderência.

### 3.1.3 Microestrutura da Interface Substrato/ Revestimento

Além da intensidade e profundidade da ancoragem da argamassa ao substrato, outro fator determinante na resistência de aderência é a conformação da interface substrato/revestimento, seja como resultado do transporte de água ou em função da extensão de aderência.

Pode-se caracterizar a interface em função dos compostos presentes nela. Carasek (1996), por exemplo, cita o trabalho de Voss (1933), que relata a existência de uma camada de cálcio proveniente da cal, sendo esta camada composta principalmente por hidróxidos ou carbonatos de cálcio. A influência desta camada na aderência está em sua espessura. Quanto maior o teor de cal na mistura, maior a espessura da camada e menor a resistência de aderência.

Silva (2004), citando o trabalho de Grandet (1973), descreve a ocorrência de uma camada de etringita na interface, sendo a concentração maior quanto mais próxima do substrato, em função de sua força de sucção. Segundo Paes (2002), no processo de hidratação do cimento a gipsita presente nele dissolve-se e libera íons sulfato e cálcio, sendo que estes, em solução, penetram no substrato por sua força de sucção e precipitam formando a etringita (trissulfoaluminato de cálcio hidratado). Sua concentração na interface justifica-se por sua reação ocorrer antes dos demais produtos de hidratação, como o silicato de cálcio hidratado (PAES, 2002) ou o hidróxido de cálcio (SILVA, 2004).

Também foi relatada a presença de uma camada de hidróxido de cálcio (mais próxima ao substrato) juntamente com uma camada de C-S-H (LAWRENCE e CAO, 1987 apud CARASEK, 1996 e SILVA, 2004). O intertravamento destes produtos, segundo os autores, rege a aderência, sendo que a pasta mista de cal é responsável pela conformação de uma interface mais densa e contínua, apresentando uma maior extensão de aderência em relação a uma pasta de cimento, por exemplo. Apresenta-se, neste caso, uma dualidade: argamassas mistas apresentam uma maior extensão de aderência, porém têm uma resistência de aderência menor devido às propriedades mecânica da cal e a necessidade de maior demanda de água na mistura; argamassas de cimento apresentam maior resistência mecânica, porém resultam em uma extensão de aderência menor, além

de uma maior suscetibilidade à fissuração devido à retração, o que pode desencadear a falta de aderência.

Sobre a extensão de aderência, esta pode ter seu nível influenciado pela natureza dos materiais constituintes do substrato e da argamassa e suas propriedades. Carasek (1996) apresentou, por exemplo, análises microestruturais em lupa estereoscópica onde classificou níveis de aderência. A autora verificou, inicialmente, que baixos níveis de extensão de aderência foram encontradas em argamassas de pouca trabalhabilidade, pela deficiência de penetração nas reentrâncias do substrato. Verificou também, confirmando o estudo já relatado de Lawrence e Cao (1987), que argamassas mistas de cal apresentaram maior nível de extensão de aderência, complementando sua influência pela melhora na trabalhabilidade. Ainda, baixos níveis de extensão de aderência foram atribuídos a presença de ar incorporado na interface em função dos aditivos utilizados nas argamassas.

Ainda, Carasek (1996) identificou através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) realizada com elétrons retroespalhados (BSE) a morfologia e natureza dos produtos formados na interfaces de sistemas de revestimentos formados por substratos cerâmicos e argamassas de cimento e areia ou cimento, areia e cal. A autora afirmou ser o intertravamento de cristais de etringita nos poros do substrato o responsável pela aderência. Desta forma, a falta de aderência seria resultado de camadas formadas muito próximas à superfície do bloco. Nestas camadas, nas argamassas de cimento e areia, foram encontrados C-S-H (em maior quantidade), carbonato de cálcio (resultante da carbonatação do hidróxido de cálcio, segundo a autora) e um produto amorfo composto por cálcio e silício. Nas argamassas de cimento, areia e cal a composição da interface encontrada foi semelhante, porém, de forma coerente, foi verificada maior quantidade de cálcio. Além da composição, a forma das partículas também se mostrou diferente. Neste caso, estas se apresentavam de forma tubular e seção transversal circular vazada. Supõe-se que estas partículas sejam de C-S-H, e que estas estejam na interface, e não no interior dos poros pelo fato de, conforme já citado, o primeiro produto de hidratação a precipitar ser a etringita, que ocupa os poros do substrato.

Além da morfologia e natureza dos produtos formados na interface, esta também pode ser caracterizada simplesmente pelo grau de hidratação do cimento e sua conseqüente conformação de porosidade. Silva (2004) afirma que em substratos de alta absorção haverá insuficiência de água para a completa hidratação do cimento próximo à interface, o que a torna uma zona frágil do sistema. De forma contrária, um substrato de baixa absorção promove um acúmulo de água na interface, que se torna uma zona de maior porosidade e, por isto, mais frágil.

## 3.2 INFLUÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

As argamassas de revestimento têm sua definição (e composição) dada pelas normas NBR 13529 (ABNT, 1995) e NBR 7200 (ABNT, 1998), como sendo uma "Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento". Já a definição dada pela indústria europeia (European Mortar Industry Organisation, 1996) substitui o termo agregado miúdo pela dimensão deste, que deve ser inferior a 4mm ou 8mm, este último quando a argamassa for destinada a acabamento decorativo ou de piso.

### 3.2.1 Influência dos Materiais Constituintes

As argamassas de revestimento são compostas, como apresentado pela NBR 13529 (ABNT, 1995) e pela NBR 7200 (ABNT, 1998) por cinco elementos: aglomerante, agregado miúdo, adições, água e aditivos.

O cimento Portland e a cal hidratada são os materiais que exercem função aglomerante. O cimento Portland, na função de aglomerante hidráulico, é responsável pela aglutinação dos agregados, não permitindo que segreguem, pela plasticidade da argamassa e pelas propriedades mecânicas da mesma. É, segundo Carasek (1996), o principal responsável pela aderência da argamassa ao substrato.

O desenvolvimento destas propriedades mecânicas se dá pela reação química de hidratação do cimento, responsável pelo endurecimento da pasta da argamassa. Esta reação ocorre quando os compostos silicatos – silicato tricálcico ( $C_3S$ ) e silicato dicálcico ( $C_2S$ ) – e aluminatos – aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) e ferroaluminato



tetracálcio ( $C_4AF$ ) – do cimento reagem com a água acrescentada à mistura, formando dois compostos, o hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ) e o silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Este último caracteriza-se por um composto de alta resistência, responsável, assim, pelas propriedades mecânicas do material (METHA e MONTEIRO, 1994).

A partir do conhecimento das diferentes composições dos tipos de cimento e seus efeitos na reação de hidratação, Sabbatini (1986), citado por Tristão (1995), Cortez (1999) e Miranda (2000) indicam o uso em argamassas de cimentos com lenta reação e baixo calor de hidratação, em função da retração e conseqüente fissuração ocasionada em situação contrária. Assim, deve-se evitar cimentos que possuam alto teor de  $C_3A$  e  $C_3S$ , compostos responsáveis pela produção de alto calor de hidratação (METHA e MONTEIRO, 1994). Alheio a isto, Silva (2006) afirma ser o Cimento Portland CP II - Z e o Cimento Portland CP II – F os comumente utilizados na produção de argamassas de revestimento, tendo estes o teor de  $C_3A$  limitado por norma<sup>1</sup>. Estes tipos de cimento são usualmente usados em algumas regiões, porém este não é o caso do Rio Grande do Sul, onde usa-se quase que exclusivamente o CP IV para argamassas de revestimento.

Além da composição química, as propriedades físicas do cimento também influenciam nas propriedades das argamassas. Segundo Bauer (1987), quanto maior a finura maior a resistência da argamassa. Também, segundo o RILEM-MR-3<sup>2</sup> (1982), citado por Tristão (1995), e Bauer (1987), quanto maior a finura maior a trabalhabilidade das argamassas e menor a permeabilidade das mesmas. À finura também é atribuída relação com a capacidade de retenção de água das argamassas; quanto maior a finura, maior a área específica, maior a retenção (TRISTÃO, 1995). Porém um alto teor de finos pode ser prejudicial às argamassas quanto à retração por secagem (CARNEIRO, 1993). Segundo o autor, esta ação só ocorre transcorridas as primeiras 24h, pois nestas a retenção de água proporcionada pelo teor de finos regula a retração, porém após, a retração aumenta.

---

<sup>1</sup> NBR 11578 – Cimento Portland Composto (ABNT, 1991).

<sup>2</sup> International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures – RILEM. **MR-3 The complex workability – consistence – plasticity**. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.

A areia, utilizada como agregado miúdo<sup>3</sup>, tem a função de ser o “esqueleto inerte” da argamassa, reduzindo o custo de produção, por ocupar maior volume em relação ao cimento e a cal.

Além da redução de custos, a areia contribui para o desenvolvimento das propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido. Carasek (1996) aponta para uma dualidade na função da areia, pois afirma que, da mesma forma que a areia beneficia a aderência por ser um material indeformável e reduzir a retração (também em função de sua proporção em relação aos aglomerantes), um alto teor da mesma atua na redução da resistência de aderência. Também, segundo Carneiro (1999), um alto teor de agregado reduz a capacidade de retenção de água das argamassas.

Além da própria proporção de areia na mistura, outras características influenciam nas propriedades das argamassas. Dentre estas características pode-se citar a distribuição granulométrica, o módulo de finura e a superfície específica, a massa unitária e o índice de vazios, a forma dos grãos. Quanto às propriedades pode-se citar, no estado fresco, a consistência, trabalhabilidade, a retenção de água e a adesão inicial; no estado endurecido, a resistência mecânica, a capacidade de deformação, a permeabilidade, a retração e a aderência.

A distribuição granulométrica do agregado miúdo tem influência nas propriedades das argamassas de revestimento em função da dimensão máxima característica verificada dos grãos, quanto maior a dimensão, maior a resistência mecânica das argamassas (Carneiro, 1999). Além da dimensão máxima, a uniformidade da distribuição influencia nas propriedades da argamassa. No estado fresco, influencia na consistência, pois uma distribuição com predomínio de grãos em uma única faixa requer maior quantidade de água o que ocasiona, no estado endurecido, uma maior porosidade e permeabilidade (Carneiro, 1999). Isto porque, de forma contrária, uma distribuição contínua permite que grãos menores preencham os vazios dos grãos maiores (SANDIN, 1995). Também no estado endurecido, uma distribuição contínua, e não uniforme, favorece a aderência da argamassa de revestimento (Tristão, 1995; Carasek, 1996).

---

<sup>3</sup> Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005), define-se agregado miúdo como aquele cujos grãos passam pela peneira de abertura 4,75mm e ficam retidos na peneira de abertura 150µm.

Tristão (1995) afirma que areias muito grossas não permitem uma boa trabalhabilidade e retenção de água das argamassas, o que, segundo Carasek (1996), dificulta a aplicação e, por isto, prejudica a aderência do revestimento por reduzir a extensão de aderência. Os mesmos autores acrescentam a aderência às propriedades que podem ser prejudicadas por um alto teor de finos. Primeiro porque os finos podem penetrar nos poros do substrato no lugar dos produtos de hidratação, tornando a interface mais frágil, depois pela relação entre o tamanho dos poros do substrato e da argamassa, que pode prejudicar o transporte de água (Carasek, 1996).

Quanto à forma dos grãos, Carneiro (1993) afirma que grãos arredondados, por ocasionarem menor atrito entre os grãos, melhoram a trabalhabilidade das argamassas. Porém Roselo (1976), citada por Carasek (1996) e Tristão (1995), afirma que este atrito beneficia a ancoragem da interface, sendo indicado, portanto o uso de grãos angulosos. Isto principalmente em argamassas de chapisco.

As adições de cal têm por finalidade conferir plasticidade às argamassas no estado fresco, contribuindo para a trabalhabilidade (PAULO, 2006), resultando em uma maior deformabilidade no estado endurecido (CINCOTTO *et al.*, 1995 apud QUARCIONI e CINCOTTO, 2005), permitindo que a retração pela reação de hidratação do cimento ocorra sem que fissuras sejam geradas.

Além das propriedades já citadas, a adição de cal contribui para outra propriedade que as argamassas de revestimento devem apresentar, a retenção de água (QUARCIONI e CINCOTTO, 2005). Esta propriedade é determinante para o adequado desempenho das argamassas, considerando que estas, em contato com a superfície do substrato, não podem permitir que toda a água presente na mistura seja absorvida pelo substrato por sucção capilar ou se evapore, pois comprometeria a reação de hidratação do cimento e, conseqüentemente, a conformação das propriedades mecânicas (SÉBAÏBI *et al.*, 2002).

Assim como os demais componentes das argamassas de revestimento, as características químicas e físicas do material são os responsáveis pela conformação das propriedades das argamassas. Segundo John (2003), as características químicas determinam a capacidade aglomerante. A cal hidratada é formada a partir de reação de hidratação de carbonatos, calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) ou magnesiano ( $\text{MgCO}_3$ ),

compostos que possuem característica aglomerante. São estes hidróxidos de cálcio ou magnésio formados que, em contato com o CO<sub>2</sub> presente no ar, reagem e novamente formam os carbonatos. Estes possuem uma maior deformabilidade que os produtos de hidratação do cimento, regulando a retração das argamassas de revestimento.

Quanto à propriedade de trabalhabilidade no estado fresco – que quanto melhor proporciona maior extensão de aderência no estado endurecido (TRISTÃO, 1995; Carasek, 1996) – esta é atribuída às características físicas da cal. Carneiro (1993) cita a finura da cal como responsável pela propriedade e, citando Agopyan (1988), acrescenta que a forma das partículas é também fator determinante, sendo as partículas menores e mais alongadas, características das cales dolomíticas, as que proporcionam maior plasticidade. Ainda, Rago e Cincotto (2000) comprovaram ser o tipo de cal influente na trabalhabilidade, através de um estudo da reologia de pastas de diferentes cales. Neste estudo, a pasta produzida com cal CH-III magnésiana apresentou maior fluidez, seguida da cal CH-I magnésiana, CH-III cálcica e CH-I cálcica, para pastas de mesma relação água/materiais secos.

Ainda quanto às características físicas da cal, estas também são responsáveis pela capacidade de retenção de água das argamassas. Além do teor do material, Carneiro (1993) afirma serem as elevadas finura e área específica responsáveis pela retenção, pois quanto maior a área específica, mais moléculas de água são retidas.

A água utilizada na mistura tem a função de promover a reação de hidratação do cimento, resultando no endurecimento da pasta. Além disso, o controle da quantidade de água permite dar a mistura a consistência e trabalhabilidade desejadas (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2005).

Quanto aos aditivos que podem ou não ser acrescentados às argamassas, estes possuem finalidades específicas, conforme seu tipo. São adicionados à mistura em pequena quantidade, para modificar as propriedades das argamassas, sendo empregados em relação a uma porcentagem definida do cimento.

Os aditivos utilizados em argamassas de revestimento podem ter, entre outras, as funções impermeabilizante, reduzindo a permeabilidade à água das argamassas (DAFICO *et al.*, 2004); plastificante, aumentando a plasticidade no estado fresco

sem adição de água (QUARCIONI *et al.*, 1999); hidrofugante, reduzindo a absorção por sucção capilar (QUARCIONI *et al.*, 1999); incorporadora de ar, melhorando a plasticidade no estado fresco (CARASEK, 1996) e reduzindo a quantidade de água e a retração no estado endurecido (ALVES, 2002); retentora de água, reduzindo evaporação e exsudação da água (QUARCIONI *et al.*, 1999), e também evitando que água em excesso seja absorvida pelo substrato, comprometendo a hidratação do cimento.

Segundo Carasek (1996), o aditivo incorporador de ar é o principal aditivo utilizado nas argamassas. Este consiste em uma solução orgânica que acrescenta às argamassas bolhas microscópicas uniformemente distribuídas (ALVES, 2002). Dolch (1984), citado por Do Ó (2004), acrescenta à caracterização do aditivo que ele se enquadra quimicamente na classe dos tensoativos, agindo de duas formas contrárias na incorporação de ar em função de suas moléculas polares hidrófilas e apolares hidrófobas.

Quanto às propriedades conferidas às argamassas de revestimento no estado fresco com a incorporação de ar, autores como Alves (2002) e Paulo (2006) citam como principal a alteração na plasticidade e a conseqüente melhora na trabalhabilidade, o que permite uma redução na quantidade de água utilizada apenas para conferir esta propriedade, minimizando a retração por secagem sem que se aumente a retração no estado endurecido, já que resultaria em um traço mais rico. Além da redução de água na mistura, Paulo (2006) afirma que as bolhas de ar também contribuem para a redução da retração por secagem por contribuírem para a retenção de água, reduzindo a exsudação. Quanto à retração pelo processo de hidratação e endurecimento do cimento, esta não é alterada pela redução de água na mistura, pois as bolhas de ar, por serem deformáveis, aumentam a capacidade das argamassas de absorverem estas deformações, reduzindo a probabilidade de surgimento de fissuras (ALVES, 2002).

Complementando as propriedades no estado endurecido, Paulo (2006) afirma que há também uma redução da permeabilidade das argamassas com a incorporação de ar, pois as bolhas cortam os capilares, reduzindo a conectividade dos poros e, conseqüentemente, a porosidade aberta, responsável pela absorção.

Entretanto, além dos efeitos benéficos da incorporação de ar, Carasek (1996) afirma que a incorporação de ar pode reduzir a resistência de aderência do revestimento em função da redução da extensão de aderência pelas bolhas de ar presentes na interface substrato/ revestimento. Porém este efeito é questionado, já que a resistência de aderência é influenciada por inúmeros fatores.

John *et al.* (1993), por exemplo, realizaram um estudo em que testaram o aditivo em substituição da cal, obtendo, em geral, valores insatisfatórios de resistência com esta substituição. Porém os autores observaram que, para um mesmo traço, relação água/cimento e teor de aditivo, um sistema de revestimento com blocos de alta absorção (cerâmico) apresentou resistência de aderência satisfatória (acima de 0,4MPa), sendo uma exceção benéfica de substituição, o que já não ocorreu com o substrato de baixa absorção (blocos de concreto). Também, comparando diferentes traços, o mesmo aditivo que apresentou decréscimo de resistência em relação às argamassas produzidas com cal em um traço rico, apresentou acréscimo em um traço pobre. Isto porque a argamassa com este aditivo e em função dele, apresentava menor relação água/cimento que as demais, o que é menos influente em traços mais ricos, mantendo-se o efeito de decréscimo de resistência conferido pela incorporação de ar.

### **3.2.2 Influência das Propriedades**

As argamassas de revestimento, Segundo Candia (1998), devem apresentar como principal característica a aderência ao substrato de forma "[...] completa, resistente e durável". Para garantir este bom desempenho quando parte constituinte de um sistema, as argamassas de revestimento como material devem apresentar propriedades específicas.

#### **3.2.2.1 Trabalhabilidade, Consistência e Plasticidade**

A trabalhabilidade é definida como a propriedade que confere às argamassas "[...] sua habilidade em fluir ou espalhar-se em toda a área da face do componente de alvenaria, por suas saliências, protuberâncias e fissuras." (CARASEK, 1996). Desta forma, a trabalhabilidade irá ditar a qualidade e a produtividade na aplicação, bem como a capacidade de adesão inicial ao substrato (TRISTÃO, 1995).

Considerando que uma adequada trabalhabilidade reflete um adequado espalhamento da argamassa, esta última deve se apresentar nem muito seca nem fluida, coesa e sem segregação e com exsudação controlada (SOUSA, 2005), características sem as quais a facilidade na aplicação e adesão estariam comprometidas.

Bauer (2004), citado por Sousa (2005), descreve os fatores que influenciam na trabalhabilidade das argamassas, sendo eles o teor de água, a relação aglomerante/agregado, as características e teor dos materiais plastificantes, a distribuição e forma dos grãos dos agregados, as características e teor dos aditivos e o tipo de mistura. Quanto ao teor de água, Carasek (1996) afirma que o fato de se utilizar mais ou menos água na mistura com a finalidade de ajustar a trabalhabilidade exerce influência na consistência. Quanto aos demais fatores, a mesma autora afirma influenciarem na plasticidade das argamassas. Assim, consistência e plasticidade condicionam e determinam a trabalhabilidade.

A consistência é definida como a capacidade das argamassas de resistirem a deformações sob a ação de cargas externas, enquanto plasticidade é a capacidade das argamassas de absorverem estas deformações (TRISTÃO, 1995). Estas propriedades decorrem de características e fenômenos físicos dos constituintes das argamassas. Segundo Rago e Cincotto (1999), a consistência é conseqüência da viscosidade da argamassa, sendo que a primeira depende da forma e dimensão das partículas. Já a plasticidade é decorrente da coesão da argamassa, sendo a primeira dependente da área específica e das forças de atração e repulsão entre as partículas.

### 3.2.2.2 Retenção de Água

A retenção de água consiste na propriedade que as argamassas possuem que define sua capacidade de reter sua água quando aplicadas a substratos porosos, (CANDIA, 1998). Tristão (1995) e Do Ó (2004) acrescentam que retenção também pode ser definida como a capacidade da argamassa de manter sua consistência por resistir à perda de água por evaporação, sucção do substrato, absorção por alguma superfície que esteja em contato ou hidratação precoce do cimento. Entretanto, segundo o primeiro autor, a retenção não é relativa à água evaporada,

podendo-se afirmar que a retenção deva ser a força de reação à força de sucção dos substratos.

Desta forma, Carasek (1996) aponta para a relação entre retenção de água da argamassa e a taxa de sucção de água dos substratos onde, para proporcionar adequada extensão de aderência e hidratação do cimento, garantindo que a água não seja totalmente absorvida, deve-se utilizar argamassas de alta capacidade de retenção quando aplicadas a substratos de alta sucção. De forma contrária, um substrato de baixa absorção deve ser combinado a uma argamassa de baixa retenção, a fim de que não fique comprometido o transporte de água que proporciona a aderência.

Além da influência na adesão inicial e posterior aderência dos revestimentos, a retenção de água pode influenciar na execução do revestimento quanto aos tempos de sarrafeamento e desempenho (ALVES, 2002). Argamassas de alta retenção exigirão um maior tempo entre a aplicação e estes procedimentos, tempo este que, quando não respeitado, acarretará na fissuração do revestimento pelo excesso de água trazido para a superfície. Porém, como benefício de uma alta retenção, o mesmo autor cita a redução da retração plástica pela redução da velocidade da perda de água.

Quanto aos fatores que intervêm na capacidade de retenção de água das argamassas de revestimento, Détriché e Masso (1986), citados por Do Ó (2004) apontam primeiramente para as condições de cura, sendo esta referente ao equilíbrio higrotérmico entre ambiente e argamassa: quanto maior a temperatura e menor a umidade do ambiente, menor será a retenção de água. Também, a proporção dos aglomerantes, bem como suas propriedades químicas, e finura dos agregados influenciam na retenção de água através da conformação da microporosidade e capilaridade.

Para que se obtenha um incremento de retenção, quando desejado, além de uma adequada escolha e proporcionamento dos materiais constituintes, uma alternativa é a utilização de adições ou aditivos. Afridi *et al.* (1995) realizaram um estudo em que avaliaram a variação na capacidade de retenção de água das argamassas com adição de diferentes polímeros em relação a uma argamassa de referência. Em todos os casos utilizou-se a relação de cimento:areia de 1:3 e quatro níveis de



adição em relação ao teor de cimento: 5, 10, 15 e 25%. A relação água/cimento era variável e em função da consistência desejada ( $170 \pm 5\text{mm}$ ). Como resultado, os autores constataram um claro aumento na capacidade de retenção nas argamassas modificadas, sendo este aumento proporcional ao aumento da relação polímero/cimento e variando de 70% de retenção (argamassa de referência) até 95 a 100% (argamassas modificadas, dependendo do tipo de polímero).

### 3.2.2.3 Teor de Ar Incorporado

O teor de ar incorporado nas argamassas, como a própria nomenclatura caracteriza, refere-se às bolhas de ar que são incorporadas à mistura, diferenciando-se daquelas que são decorrentes dela (ou da evaporação de água) e que caracterizam o ar aprisionado. Segundo Do Ó (2004), o ar que é incorporado caracteriza-se por bolhas de ar estáveis com formato esférico microscópico, enquanto o ar aprisionado apresenta-se em formas de bolhas irregulares e instáveis.

O ar incorporado pode ser benéfico ou não para as argamassas de revestimento, dependendo do seu teor e da característica específica a que se busca. Sousa (2005), por exemplo, afirma que a incorporação de ar deve ser limitada em função da resistência de aderência, pela extensão de aderência das interfaces que pode ser reduzida em função da quantidade em excesso de ar. Neste sentido, a Cement & Concrete Association of Australia (2001) apresenta em seu boletim técnico os efeitos de um teor elevado de ar incorporado nas argamassas no estado endurecido, o que pode ser visualizado na Figura 1, e atribui a queda de resistência de aderência ao fato das bolhas de ar consumirem o espaço que seria ocupado pela pasta na conformação da interface, reduzindo não só a quantidade de produtos de hidratação no transporte de água, como também a extensão de aderência.



Figura 1: imagem de microscopia eletrônica de uma argamassa com alto teor de ar incorporado (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRÁLIA, 2001)

Já nas propriedades no estado fresco das argamassas de revestimento, Sousa (2005) afirma que o ar incorporado confere uma melhora a estas propriedades, mesmo que em altos teores (na faixa de 25%) – o que não seria admitido se considerada apenas a aderência – e finaliza comentando que atualmente, inclusive, as argamassas industrializadas possuem o aditivo incorporador com função plastificante, substituindo a cal. Porém é importante salientar que a melhora das propriedades no estado fresco em função do acréscimo do teor de ar incorporado não é um comportamento linear. Tem-se a melhoria das propriedades até uma certa faixa, a partir da qual inicia-se a perda de desempenho da argamassa.

#### 3.2.2.4 Resistência Mecânica – Flexão e Compressão

A resistência mecânica das argamassas de revestimento, embora não seja uma propriedade fundamental e determinante, como é no concreto, tem sua importância devido à relação com outras propriedades, como a elasticidade (TRISTÃO, 1995), traduzida na capacidade de suportar os esforços de tração, compressão e cisalhamento (SELMO, 1989 apud ARAÚJO JUNIOR, 2004); a capacidade de absorção e a permeabilidade, estas últimas relacionadas com o indicativo de porosidade dado pela resistência.

Segundo Carneiro (1993), a resistência mecânica das argamassas de revestimento “[...] pode ser avaliada pela massa volumétrica aparente (MVA), pela fissuração e

pela evolução da resistência com o tempo". A massa volumétrica aparente caracteriza a estrutura dos poros da argamassa endurecida, o que, segundo Zhongzi *et al.* (1993), determinam as propriedades mecânicas, podendo esta relação ser traduzida por uma equação genérica (Fórmula 1).

$$P = A_{\text{exp}} (-B \sigma_c) \quad (\text{Fórmula 1})$$

Onde  $P$  é a porosidade,  $A$  e  $B$  são constantes e  $\sigma_c$  é a resistência à compressão.

A estrutura de poros, por sua vez, refere-se à porosidade inicial da mistura e àquela consolidada no decorrer do processo de hidratação do cimento. Quanto menor a porosidade, maior a resistência mecânica. Portanto, quanto maior o teor de ar incorporado e aprisionado e os vazios capilares, menor a resistência (CARNEIRO, 1993); quanto menor a relação água/cimento, menor será a porosidade e maior será a resistência, já que os produtos de hidratação serão os que ocuparão os vazios, fechando a porosidade, e não a água em excesso, que irá evaporar, deixando poros (NEVILLE, 1997).

Quanto à fissuração, esta está relacionada com a resistência à flexão das argamassas, pois, segundo Carneiro (1993), "Quando os esforços de tração atuantes sobre o revestimento superam a sua resistência à tração, surge a fissura". Dentre os possíveis esforços atuantes no revestimento podem-se citar aqueles gerados pela retração da própria argamassa durante o processo de endurecimento, que resulta em uma redução de volume pela hidratação do cimento e perda de água. Assim, o fenômeno da retração também se relaciona com a resistência mecânica das argamassas, pois quanto menor a relação água/cimento e maior o teor de cimento na mistura, maior a resistência mecânica e também maior a retração e, conseqüentemente, a probabilidade de fissuração. É por esta razão que, diferentemente do concreto, uma alta resistência à compressão pode não ser benéfica para as argamassas.

Além da influência nas propriedades das argamassas, Carasek (1996) apresenta relação das propriedades mecânicas, especificamente da resistência à compressão, com a resistência de aderência dos revestimentos. A autora apresenta

estudos onde a resistência de aderência cresce à medida que cresce a resistência à compressão, o que considera contraditório, porém coerente se considerado que as argamassas de maior resistência à compressão são aquelas que apresentam maior teor de cimento, favorecendo a aderência. Entretanto, nestes casos não é explicitado o comportamento na manutenção de aderência, além de outros fenômenos relacionados à durabilidade do revestimento, como retração e fissuração.

Considerando outros elementos que podem influenciar na resistência mecânica das argamassas, pode-se citar as características dos materiais constituintes, o uso de adições e aditivos e as condições de cura. Zhang *et al.* (2005), estudando o comportamento das argamassas produzidas com areia fina (dimensão máxima característica de 600  $\mu\text{m}$ ), obtiveram altos valores de resistência à compressão, na ordem de 28MPa, porém as propriedades de trabalhabilidade e retenção de água foram prejudicadas.

Lanas *et al.* (2005) avaliaram a influência nas propriedades mecânicas de diferentes condições a que argamassas de reparo a base de cal foram expostos após o período de cura de 28 dias. Foram preparados 210 copos-de-prova, 105 produzidos com cal aérea e 105 dol cal hidráulica. Para cada tipo de argamassa, 21 corpos-de-prova foram deixados ao ar livre, a uma temperatura que variou de 5 a 15°C, com dias de chuva intensa e umidade relativa do ar que variou entre 70 e 90%. Outros 21 foram levados a uma câmara climatizada que simulava diferentes condições de umidade relativa, temperatura, radiação ultravioleta e chuva, em ciclos de 24 horas. Ainda, 21 corpos-de-prova foram colocados em câmara de SO<sub>2</sub>, e os 21 restantes foram mantidos nas mesmas condições controladas de laboratório em que foram curados até os 28 dias, para referência. Os resultados obtidos demonstraram que a resistência à tração na flexão foi influenciada principalmente pela umidade relativa. Coerentemente, foi constatado para a resistência à compressão que a exposição ao ar livre promoveu um acréscimo de resistência, devido o alto teor de umidade presente no período de exposição. Já a influência verificada da câmara climatizada foi o decréscimo de resistência, chegando a zero, em alguns casos. Para a exposição ao SO<sub>2</sub>, as argamassas a base de cal hidratada apresentaram um acréscimo na porosidade e uma conseqüente queda

de resistência, comportamento inverso ao observado nas argamassas a base de cal hidráulica.

### 3.2.2.5 Absorção

A absorção das argamassas de revestimento é uma propriedade no estado endurecido que, diferente da resistência à compressão, é influenciada apenas pelos vazios capilares (poros interconectados e superficiais), seu tamanho e continuidade, e não pela porosidade total. Segundo Kuo *et al.* (2005), poros capilares são aqueles remanescentes da evaporação ou utilização da água para a reação de hidratação do cimento, e sua formação é, portanto, fortemente influenciada pela relação água/cimento.

Também, segundo Halamickova *et al.* (1995), a estrutura de poros é influenciada pela presença dos agregados. Estes autores realizaram um estudo em que a introdução de partículas de areia em pastas de mesmo grau de hidratação proporcionou um aumento no coeficiente de transporte de água nos poros.

A absorção de água é, portanto, uma propriedade ligada ao transporte de água no interior dos vazios capilares das argamassas de revestimento – abertos à superfície – devido à força de sucção dos mesmos (CARASEK, 1996).

Courard *et al.* (2003) realizaram um estudo em que avaliaram a variação da absorção capilar (por sucção) e da permeabilidade (através de imersão) em argamassas com a adição de metacaulim. Foram avaliadas argamassas produzidas com diferentes faixas de substituição – 5, 10, 15 e 20% da massa de cimento – e uma argamassa com 100% de cimento, para referência. A partir dos resultados obtidos verificou-se que, aos 28 dias, a permeabilidade das argamassas aumentou proporcionalmente ao acréscimo de substituição de metacaulim, o que não era esperado e foi justificado pelos autores como consequência da lenta e insuficiente reação pozolânica ocorrida em 28 dias. Já a absorção capilar manteve-se a mesma com 5, 10 e 15 % de substituição (variando apenas 0,01 g/m<sup>2</sup>), porém decresceu com 20%. Neste caso, os autores justificaram o comportamento pela granulometria reduzida do metacaulim, que fechou os poros, porém de forma significativa apenas com uma quantidade maior (20%) da adição. Entretanto, os autores alertam para que o comportamento apresentado pode também

ser baseado na variação dos tamanhos dos poros devido à reação pozolânica, o que pode ter resultado em uma situação em que a quantidade de água absorvida foi a mesma e a queda de massa apresentada foi consequência da variação na porosidade.

Jasiczak e Zielinski (2005) avaliaram diversas propriedades, incluindo a absorção capilar, com adição de proteína animal nas argamassas como incorporadora de ar. Foram avaliadas adições de 0,05, 0,1 e 0,2% em relação ao volume de cimento e dois tipos de cimento. Contrariando o anteriormente exposto, que a incorporação de ar “corta” a conectividade dos poros, reduzindo a absorção, neste estudo esta cresceu proporcionalmente ao acréscimo do aditivo, sendo sensíveis também o acréscimo da quantidade de poros e a redução no tamanho dos mesmos, como pode ser visualizado nas Figuras 2(a) e 2(b).

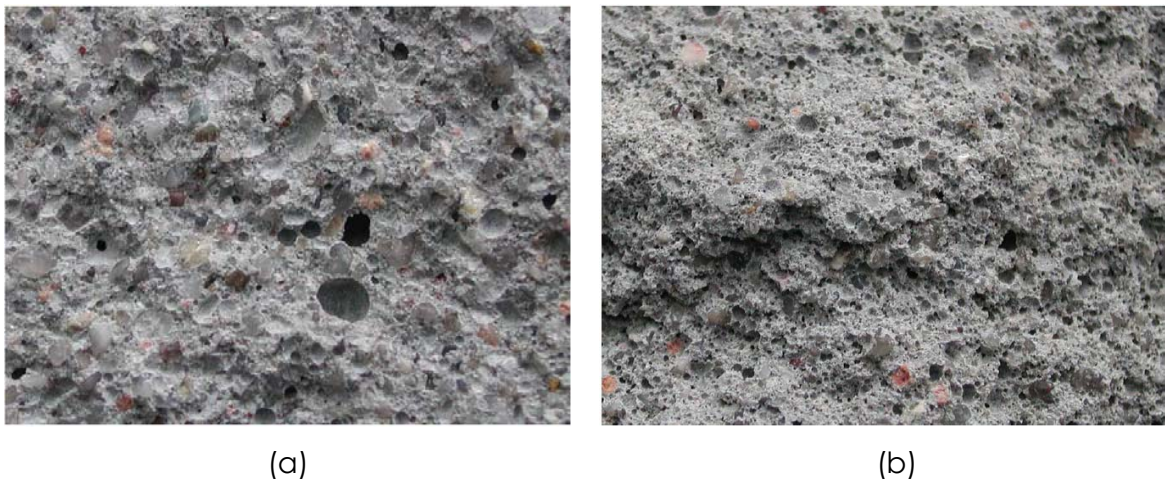


Figura 2: imagens com aumento aproximado de 30 vezes mostrando a aparência das argamassas (a) sem aditivo de proteína animal e (b) com 0,2% de aditivo (JASICZAK e ZIELINSKI, 2005)

### 3.2.2.6 Elasticidade

A elasticidade das argamassas de revestimento traduz-se na sua capacidade de deformarem-se sem romper, fissurar ou perder a aderência ao substrato quando submetidas a esforços de diferentes naturezas (BAÍA e SABABATINI, 2004). Os esforços atuantes nas argamassas de revestimento podem ser provenientes da deformação diferencial da base (BAÍA e SABABATINI, 2004), da retração por secagem no estado fresco e/ou da retração durante o processo de endurecimento

da própria argamassa (CANDIA, 1998), da retração por variação térmica (SILVA e CAMPITELI, 2006) ou do carregamento do revestimento por ações externas (BASTOS, 2003), como ação dos ventos ou de revestimentos finais, como o cerâmico.

Quanto à deformação diferencial da base, Candia (1998) cita que estas podem ocorrer como conseqüência do comportamento dos materiais constituintes ou durante o uso da estrutura. Estas deformações podem surgir pelo trabalho da estrutura de concreto (em sua execução ou por sobrecarga), por recalque das fundações e por variações dimensionais térmicas.

A retração por secagem das argamassas de revestimento é conseqüência da relação água/cimento, da retenção de água e da umidade relativa do ar, já que esta ocorre pela perda de água da mistura por evaporação. A retração pelo processo de hidratação depende do teor de cimento, já que os produtos de hidratação formados são responsáveis por uma redução do volume inicial. A retração por variação térmica é influenciada pela relação superfície/volume, quanto à disponibilidade de livre variação dimensional devido à variação térmica (SCARTEZINI, 2002).

A elasticidade das argamassas é medida através de seu módulo de deformação, definido, segundo Bastos (2003), como "[...] a relação entre a tensão existente em um corpo e a deformação produzida por esta tensão". Segundo o mesmo autor, a relação entre deformação e seu módulo é inversamente proporcional, ou seja, um baixo módulo de deformação para uma argamassa de revestimento significa que ela tem uma alta deformabilidade.

Para os diversos autores acima citados, a elasticidade das argamassas, juntamente com sua resistência à tração, está intrinsecamente ligada ao fenômeno da fissuração e suas conseqüências no desempenho e durabilidade do revestimento.

### **3.2.3 Influência do Preparo e Aplicação**

Além das características e proporcionamento dos materiais constituintes das argamassas de revestimento, o preparo e aplicação das mesmas também exercem influência significativa em suas propriedades.

Antunes (2005) confirma a influência do modo de preparo, citando como fatores intervenientes “[...] a *energia* utilizada no amassamento, a *quantidade de água* adicionada e o *tempo de mistura* [...]”, bem como a seqüência em que os materiais são misturados. Segundo a mesma autora, um processo ideal de mistura é aquele que garante que sejam quebrados todos os aglomerados e que todas as partículas estejam envolvidas por água.

Williams *et al.* (1999) avaliaram quatro diferentes modos de preparo de pastas de cimento, sendo em todos eles o cimento adicionado á água. Um dos modos de mistura foi o manual, enquanto que os demais foram em misturadores mecânicos com diferentes velocidades (500, 1500 e 2500rpm). Os resultados obtidos demonstraram que conforme se aumenta a velocidade de mistura (considerando a mistura manual a mais lenta), há uma redução na viscosidade da pasta, comprovando que a energia utilizada exerce influência na reologia da mesma. Portanto, considerando que quanto maior a viscosidade maior é a presença de aglomerados na pasta (ANTUNES, 2005), pode-se concluir que quanto maior a velocidade de mistura, maior a capacidade de se desfazer estes aglomerados, o que significa menos grãos de cimento não hidratados. Ainda, considerando que “[...] quanto menor a viscosidade, maior será a facilidade para a argamassa recobrir as superfícies a serem revestidas” (ANTUNES, 2005), para este estudo pode-se dizer que a velocidade de mistura beneficiou a execução e, também, a extensão de aderência.

Quanto à água e seqüência de mistura, Sandim (1995) indica que primeiramente os materiais secos devam ser completamente misturados e após, a água acrescentada. Esta mesma seqüência de mistura (água no pó) foi considerada por Antunes (2005), mais eficiente no comportamento reológico das argamassas, apresentando menor variabilidade nos resultados e menor viscosidade, favorecendo a aplicação e o espalhamento da argamassa na superfície do substrato.

Quanto às características da aplicação das argamassas de revestimento, Ceotto *et al.* (2005) indicam que esta, se manual, deve ser realizada com a maior energia de impacto possível e complementada comprimindo-se a porção aplicada com a colher de pedreiro. Desta forma, para os casos de aplicação manual, a intensidade e uniformidade da energia de impacto dependem apenas da habilidade do



operador, o que é refletido na qualidade do revestimento (COSTA, 2005). Isto principalmente no que se refere à adesão e extensão de aderência à base e à uniformidade da camada de revestimento quando executada em chapadas sobrepostas, podendo ocasionar falhas e pontos frágeis.

Antunes (2005) estudou a influência da energia de impacto na resistência de aderência das argamassas de revestimento. Para isto, realizou estudo exploratório em que estimou a velocidade de aplicação e a energia de impacto a partir de lançamento manual e o equivalente em queda livre, obtendo, respectivamente,  $6 \pm 0,5\text{m/s}$  e  $22,3 \pm 3,8\text{J}$ . A partir do estudo exploratório desenvolveu equipamento lançador de argamassa em queda livre com energia controlada. Assim, avaliou diferentes alturas de lançamento, 1,00 e 2,00m, bem como avaliou a influência de diferentes teores de água (13 e 25%), de dispersante (0 e 0,6%) e de incorporador de ar (0 e 0,01%). Para ambos os teores de água, as combinações de argamassas sem aditivo ou apenas com o incorporador de ar apresentaram uma maior resistência de aderência quando aplicadas a uma altura de 2m, com um acréscimo médio de 0,17MPa em relação às mesmas combinações aplicadas a 1m. Já nas combinações em que as argamassas possuíam aditivo dispersante, notou-se uma queda de resistência quando da aplicação a 2m de até 0,23MPa, com exceção do teor de água de 15% com incorporador de ar.

Para regularizar a energia de impacto e garantir uma intensidade adequada para uma boa extensão de aderência, Dualibe *et al.* (2005) indicam a projeção mecânica. Esta, além de regularizar e intensificar a energia de impacto permite que se aumente a produtividade e se reduza a variabilidade do revestimento. Paravisi (2007) realizou estudo de caso em obra onde avaliou de a aplicação manual e projeção mecânica. Na fachada leste, encontrou para aplicação manual resistência de aderência média de 0,25MPa e para projeção mecânica de 0,42MPa. Na fachada leste as resistências de aderência médias encontradas foram de 0,26MPa e 0,42MPa para manual e projetada, respectivamente. Também foi constatado nos resultados referentes à projeção mecânica uma menor variabilidade.

### 3.3 INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DO SUBSTRATO

Quanto às propriedades do substrato, a sua capacidade de absorção, reflexo de sua porosidade, é responsável pela aderência das argamassas (PAES *et al.*, 2005), já que, quanto maior a porosidade, maior o transporte de pasta de cimento para o substrato. A intensidade do transporte da pasta é reflexo direto do “[...]diâmetro, estrutura, volume, distribuição e interconectividade dos poros[...]” (PAES *et al.*, 2005).

Substratos com alta porosidade, por absorverem grande quantidade de água, podem provocar uma hidratação retardada do cimento da argamassa (SCARTEZINI e CARASEK, 2003<sup>o</sup>), ou seja, a quantidade de água restante na argamassa não seria suficiente para hidratar todo o cimento, formando regiões frágeis, com potencial de apresentar descolamento. Em situação contrária, com um substrato pouco poroso, como o de concreto, conforme explica Veiga (2003), a baixa absorção não permite a entrada da pasta que promove a ancoragem.

Bauer e Paes (2004) avaliaram a movimentação e transporte de água das argamassas mistas de revestimento em diferentes substratos nos momentos iniciais pós-aplicação para que obtivessem um perfil de movimentação de água e sua relação com a resistência de aderência. Para tal análise foram utilizados substratos de blocos cerâmicos e de concreto e duas diferentes argamassas a base de cimento, cal e areia. A absorvidade média medida para os blocos cerâmicos foi de  $0,57\text{mm}\cdot\text{min}^{-1/2}$ , enquanto que a dos blocos de concreto foi inferior,  $0,42\text{mm}\cdot\text{min}^{-1/2}$ . Os ensaios realizados demonstraram que a taxa de absorção inicial do concreto foi maior, porém este absorveu a água em menor quantidade que o bloco cerâmico. Quanto à resistência de aderência, foi obtido para os blocos cerâmicos a média de  $0,17\text{MPa}$  (argamassa A) e  $0,20\text{MPa}$  (argamassa B), e para os blocos de concreto foi de  $0,30\text{MPa}$  e  $0,46\text{MPa}$ , respectivamente. A inferioridade da resistência de aderência para os blocos cerâmicos foi justificada pelos autores pela reduzida velocidade de absorção em função do menor diâmetro dos poros, o que faz com que a interface, com excesso de água, apresente maior porosidade no estado endurecido, reduzindo a resistência de aderência do sistema.

A fim de minimizar o efeito gerado por substratos pouco porosos, como o de concreto, a solução, segundo Veiga (2003), é alterar a superfície do concreto,

favorecendo o mecanismo de ancoragem através da rugosidade, já que não há possibilidade de alterar a microestrutura. Entretanto, segundo Candia (1998), “[...] à medida em que se aumenta a rugosidade da superfície dos substratos, é mais difícil obter uma boa extensão de aderência, ou seja, que a argamassa entre em contato por completo com os mesmos”. Assim, deve-se chegar a uma alteração na superfície ideal para cada sistema de revestimento. Esta pode ser feita através de tratamento mecânico diretamente na superfície, ou com uma camada de preparo, como a argamassa de chapisco.

### 3.4 INFLUÊNCIA DA CAMADA DE PREPARO EM ARGAMASSA DE CHAPISCO

A camada de preparo da base que receberá a camada de revestimento tem como finalidade promover a boa aderência desta com a base. Isto porque, no caso do preparo com argamassa de chapisco, é criada uma camada de maior rugosidade e com maior capacidade e regularidade de absorção da água presente na argamassa de revestimento (CANDIA e FRANCO, 2000; ALVES, 2002; SCARTEZINI *et al.*, 2002). Estas características são consideradas por Alves (2002) determinantes na aderência do revestimento e são responsáveis pela aderência mecânica e química.

A camada de preparo é, portanto, adequada quando as características do substrato “[...] (absorção, porosidade e rugosidade) são inadequadas para promover uma aderência satisfatória entre o substrato e a camada de revestimento.” (CÂNDIA, 1998). Neste sentido, torna-se imprescindível a utilização da argamassa de chapisco em substratos de concreto, já que estes se caracterizam por superfícies lisas (pouco rugosas) e de baixa porosidade (baixa absorção). Estas características desfavorecem a aderência dos revestimentos por dificultar, respectivamente, a microancoragem proporcionada pelo transporte da água e produtos de hidratação aos poros do substrato, e a macroancoragem proporcionada por uma maior superfície de contato conseguida através do aumento da rugosidade.

As argamassas de chapisco são compostas por cimento, areia e água, tendo estes materiais as mesmas funções apresentadas nas argamassas de revestimento. Pode,

também, ter aditivos com função adesiva, prioritariamente, ou incorporadora de ar, a fim de melhorar a plasticidade para que seja possível sua aplicação com desempenadeira, por exemplo. A dosagem destes materiais na argamassa de chapisco, entretanto, difere da argamassa de revestimento. Primeiramente, a argamassa de chapisco deve ter uma consistência fluída (SILVA e LIBORIO, 2005) – no caso da argamassa do tipo convencional – para facilitar a aplicação de forma a deixar uma camada uniformemente aplicada, porém irregular e rugosa. A consistência fluída tem também por finalidade, segundo CANDIA (1998), impedir que a alta sucção da base (apesar desta não ser característica dos substratos de concreto) e as condições ambientais, como a alta temperatura, resultem na desagregação da argamassa, que ocorreria em função da hidratação deficiente do cimento.

Quanto ao proporcionamento e características dos materiais, a argamassa de chapisco deve ser composta por um agregado de dimensão característica máxima maior que os agregados utilizados nas argamassas de revestimento (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2005). Isto ocasiona a conformação de uma argamassa com maior índice de vazios, favorecendo a absorção que promove a aderência da argamassa de revestimento. A característica dos agregados também proporciona uma maior rugosidade e irregularidade da superfície, promovendo uma melhor ancoragem da argamassa de revestimento.

Considerando, portanto, a alta fluidez necessária sem que ocorra a segregação da areia e que proporcione uma boa aderência à base, as argamassas de chapisco devem apresentar um alto teor de cimento (SILVA e LIBORIO, 2005). Também para promover a aderência, Candia (1998) cita a utilização de aditivos a base de resinas PVA ou acrílicas, estas com função “adesiva” que também beneficiam a aplicação por agirem na trabalhabilidade das argamassas.

Silva (2004) avaliou a aderência de chapiscos com adição de sílica de casca de arroz a substratos de concreto estrutural, tendo a adição a finalidade de melhorar a interface. Foram utilizados substratos de concreto com resistências variando de 20MPa a 50MPa e quatro tipos argamassas de chapisco com proporcionamento cimento:areia de 1:2 (em massa): um de referência, um com 5% de substituição de sílica ao volume de cimento, um com 10% da mesma substituição (ambos com 1,5%

de aditivo superplastificante) e um apenas com 1,5% de aditivo superplastificante). Os resultados demonstraram que o uso da sílica foi benéfico para o acréscimo de resistência em todas as resistências dos concretos avaliadas. Segundo a autora, “[...] devido às ações físicas e químicas da sílica da casca de arroz, formou-se uma microestrutura densa, de baixa porosidade e com a presença de produtos hidratados pouco cristalinos na interface chapisco/concreto”. Desta forma, concluiu-se ser a adição da sílica da casca de arroz uma eficiente ponte de ligação entre chapisco/substrato por fortalecer esta interface e, ainda, por proporcionar boa trabalhabilidade.

As argamassas de chapisco diferem das argamassas de revestimento, também, pelo mecanismo de aplicação. Cada mecanismo demanda e resulta em uma argamassa de chapisco com diferentes propriedades, tanto no estado fresco, podendo-se citar a plasticidade e a trabalhabilidade, como no estado endurecido, com distintas conformações de superfície: rugosidade e porosidade. As argamassas de chapisco dividem-se em 3 grupos: convencional, desempenado e rolado.

O chapisco convencional, aplicado com colher de pedreiro, deve apresentar, em função da forma de aplicação, uma consistência fluida. Usualmente o proporcionamento cimento:areia é de 1:3, podendo-se usar aditivos com as funções anteriormente citadas. Este tipo de aplicação e dosagem resulta em uma superfície áspera e bastante rugosa, uniforme, porém irregular. A Figura 3 ilustra sua superfície.



Figura 3: superfície com aplicação de chapisco convencional (CEOTTO *et al.*, 2005)

O chapisco desempenado, ou industrializado (CANDIA, 1998), é aplicado com desempenadeira denteada e, para que seja possível esta aplicação, deve apresentar uma consistência menos fluída. Assim, para promover a adequada trabalhabilidade para a aplicação, são utilizados aditivos. Acredita-se estes sejam semelhantes aos utilizados em argamassas colantes e também incorporadores de ar, porém não se tem esta confirmação, por serem produtos industrializados. A superfície com a aplicação desta argamassa de chapisco caracteriza-se por uma superfície “nervurada”, em função dos dentes da desempenadeira, o que favorece a ancoragem da argamassa de revestimento. Sua aplicação restringe-se usualmente a superfícies de concreto. A Figura 4 ilustra sua superfície.

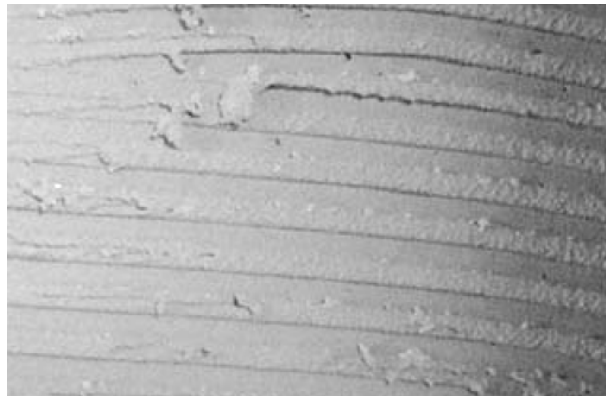


Figura 4: superfície com aplicação de chapisco industrializado desempenado (CEOTTO *et al.*, 2005)

O chapisco rolado é aplicado com rolo de espuma. Segundo Candia (1998), sua aplicação também requer o proporcionamento de aditivos para melhorar a trabalhabilidade e a aderência. O mesmo autor, assim como Ceotto *et al.* (2005), atentam para um controle específico necessário a esta aplicação, para que a fluidez e a dosagem e características dos materiais, em especial dos agregados, seja adequada para garantir que a superfície seja rugosa e porosa e não tenha um aspecto semelhante a um acabamento liso e regular como a “pintura” da superfície. Pode ser aplicado tanto em substratos cerâmicos quanto de concreto. A Figura 5 ilustra sua superfície.



Figura 5: superfície com aplicação de chapisco rolado  
(CEOTTO et al., 2005)

Candia (1998) ainda acrescenta a utilização de chapisco projetado aplicado com máquinas de jateamento e aponta para a necessidade de utilização de resinas para melhorar a trabalhabilidade neste tipo de aplicação.

Este mesmo autor avaliou a utilização de chapiscos convencional, rolado e industrializado em substratos de blocos cerâmicos e de concreto e em estrutura de concreto e sua influência na resistência de aderência dos revestimentos. Foram utilizados 3 tipos de aditivos nos chapiscos rolados – um a base de resina acrílica e 2 de diferentes fabricante a base de resina PVA – e variações na quantidade de demãos do mesmo tipo de chapisco. Com esta pesquisa concluiu-se que o chapisco convencional apresentou maior rugosidade que o rolado, sendo que este apresentava-se mais rugoso conforme aumentava-se o número de demãos, porém nem sempre alcançando a rugosidade do convencional. O tipo de aditivo utilizado também influenciou na rugosidade da superfície do chapisco. Relacionando estas constatações com a resistência de aderência, o autor concluiu que o chapisco de maior rugosidade foi também o responsável pelas maiores resistências de aderência quando aplicado em substrato de bloco cerâmico. Já nas superfícies de concreto, as maiores resistências de aderência foram obtidas pelos chapiscos convencional e industrializado, sendo o chapisco rolado prejudicial neste caso, e mais quanto maior o número de demãos, por diminuir a absorção da base, apesar do aumento de rugosidade.

Independente do tipo de argamassa de chapisco, Murray (1983) e Selmo (1989) indicam, respectivamente, que a camada de preparo em argamassa de chapisco

deve ser aplicada no mínimo 48h antes da aplicação da camada de revestimento e que sua espessura deve ter entre 3 e 5mm.

A partir das características citadas, a escolha do tipo de chapisco, da mesma forma que a escolha da argamassa de revestimento, deve considerar as especificações do projetista, a conformidade entre os elementos que compõe o sistema revestimento, o tipo de base e de argamassa de revestimento, o acabamento e o processo executivo.

### 3.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE CURA

Além dos mecanismos de aderência decorrentes da combinação das propriedades apresentadas pelos substratos e argamassas de revestimento, existem fatores externos que intervêm nas propriedades dos elementos e que, portanto, intervêm nos mecanismos de aderência.

Um destes fatores intervenientes no desempenho dos revestimentos são as condições de cura dos elementos que os compõem. A cura de materiais a base de cimento consiste no período, procedimento e condições utilizados para possibilitar a adequada reação de hidratação do cimento, através do controle de temperatura e umidade (METHA e MONTEIRO, 1994; ISERHARD, 2000; LORENZETTI *et al.*, 2002;).

Arafah *et al.* (1996) acrescentam que a absorção de radiação solar, o calor de hidratação do cimento utilizado e condições atmosféricas afetam a cura de materiais a base de cimento Portland. Por definição, em termos de parâmetros tecnológicos para avaliação da cura, os autores colocam que um "calor do ambiente" deve ser encarado como uma combinação de fatores como variações de alta temperatura do ar, reduzida umidade relativa e velocidade do vento.

A partir das definições e da sabida importância de uma cura adequada, aplicá-las às condições reais de execução de revestimentos em argamassa tem sido atualmente uma das principais preocupações dos agentes envolvidos no processo. Embora se consiga estabelecer procedimentos para realizar a cura das camadas do revestimento, a adequação destes dependerá de fatores não controláveis e variáveis, como as condições ambientais. Esta dificuldade parece ser a principal causa da inexistência de estudos mais específicos e aprofundados no tema, fato



anteriormente relatado por Carasek (1996). Assim, este capítulo apresentará uma abordagem geral sobre a influência das condições ambientais de cura na aderência dos revestimentos a partir da relação com os fenômenos da cura da pasta de cimento apresentados pela bibliografia.

### 3.5.1 Efeito da Umidade Relativa do Ar

No processo de cura, o efeito da umidade relativa do ar atua diretamente na reação de hidratação do cimento, pois regula a quantidade de água da pasta (ISERHARD, 2000). Isto porque a umidade relativa do ar deve ser suficiente para manter a pasta saturada durante todo o processo de cura, permitindo que a água presente na pasta seja utilizada na formação dos produtos de hidratação, que são responsáveis pelas propriedades mecânicas do material, e não seja perdida para o ambiente por evaporação (LORENZETTI *et al.*, 2002).

A falta de água pode ocasionar, segundo Neville (1997), a inibição do processo de hidratação do cimento aliada à retração da pasta ainda no estado fresco, pela secagem. Em situação contrária, em trabalho apresentado por Pereira *et al.* (2005), onde a cura foi realizada em ambiente úmido, foi demonstrado que as argamassas atingiram resistência mecânica já nas idades iniciais, comprovando a adequada reação de hidratação favorecida pela cura.

Carasek (1996) reitera o efeito benéfico da cura úmida na aderência dos revestimentos citando trabalho de Lawrence e Cao (1987). Estes apresentaram análise de microscopia eletrônica de varredura de uma pasta de cimento aos 7 dias de idade curada à umidade constante, que demonstrou que os produtos de hidratação formados assemelhavam-se àqueles verificados em uma argamassa de 4 anos de idade (que não foi curada sob condições controladas).

Pereira (2000) avaliou 36 situações de argamassa de revestimento aplicada à blocos de concreto ou cerâmicos, com ou sem argamassa de chapisco, sob diferentes condições de cura. Foram utilizadas 2 argamassas industrializadas, uma argamassa mista de cimento, cal, areia fina e areia média com traço 1:0,97:4,96:5,07 (em massa), uma com vermiculita em substituição à areia média e uma com adições. As condições de cura foram cura ao ar e cura úmida de 3 ou 7

dias. Os resultados obtidos, de uma forma geral, demonstraram que, considerando a resistência de aderência, a cura úmida influenciou de forma positiva os traços com argamassa industrializada assentados sobre blocos de concreto, o traço de argamassa mista sobre bloco cerâmico e o traço com vermiculita em ambos os substratos.

### 3.5.2 Efeito da Temperatura

Já a influência da temperatura no processo de cura está não em favorecer ou inibir o processo de hidratação, mas em ditar a velocidade deste processo. O aumento da temperatura, segundo Iserhard (2000), acelera o processo de hidratação do cimento, proporcionando que as propriedades mecânicas da argamassa, assim como pela influência da umidade, sejam atingidas nas idades iniciais (PEREIRA *et al.*, 2005).

Embora altas temperaturas favoreçam o ganho de resistência mecânica nas idades iniciais, Neville (1997) afirma que, transcorridos 7 dias de idade, esta propriedade é prejudicada. Isto porque, segundo o mesmo autor, os produtos de hidratação formados de forma acelerada resultam em uma estrutura mais pobre. Ainda, segundo Detwiler *et al.* (1991) e Patel *et al.* (1995), citados por Hoffmann (2001), os produtos formados sob temperaturas elevadas conformam uma estrutura densa, com cristais de C-S-H de maior tamanho e com maior proporção de hidróxido de cálcio, o que justificaria a queda de resistência.

Tan e Gjørsv (1996) afirmam que a hidratação do cimento depende também da pressão de vapor nos capilares, aproximadamente 80% da pressão de saturação. Desse modo, processos de secagem acelerados interrompem a hidratação do cimento antes que os poros sejam bloqueados por produtos de hidratação, e com isso uma estrutura de poros mais contínua é formada. Curas aceleradas demais podem, também, causar maior retração e fissuração de concretos e argamassas.

Autores como Rattanadecho *et al.* (2007) colocam que, em determinadas situações, a cura térmica acelerada é algo desejável, principalmente em indústrias de pré-moldados. No caso de argamassas de revestimento, contudo, a cura acelerada por temperaturas mais elevadas pode não ser desejável, por afetar a extensão e uniformidade dos produtos de hidratação, prejudicando a aderência.

Além de acelerar o processo de endurecimento da argamassa, a temperatura influencia na quantidade de água presente na reação, pois ela age acelerando a perda desta (LION *et al.*, 2005). Quanto maior a temperatura, maior a evaporação, o que remete ao efeito da falta de umidade no processo de cura, ocasionando, da mesma forma, a inibição da reação de hidratação e a retração no estado fresco.

A influência da temperatura pode ser observada não só na reação de hidratação dos produtos a base de cimento, mas também no desempenho dos materiais que compõe os concretos e argamassas, em especial os aditivos. No caso de argamassas colantes, por exemplo, que podem ser associadas às argamassas de chapisco industrializadas por sua função adesiva, estas possuem aditivos como os derivados da celulose, o HEC (hidroxietil celulose), o HEMC e o EVA (co-polímero poli-etileno), que são solúveis em água (PÓVOAS *et al.*, 2002). Desta forma, o excesso de evaporação causado pela cura sob elevadas temperaturas impede a dissolução dos aditivos, prejudicando a aderência.

*Lion et al.* (2005) avaliaram os efeitos da temperatura na porosidade e permeabilidade de argamassas de cimento e areia na proporção 1:3 (em massa) e relação água/cimento 0,5, curadas a temperaturas que variavam de 30°C a 250°C. Foi observado que dos 30°C aos 120°C ocorria a perda da água livre e de parte da água adsorvida na reação de hidratação, sendo que esta era totalmente perdida aos 120°C. Como consequência disto, verificou-se um incremento na porosidade e permeabilidade, sendo este maior a partir da temperatura dos 100°C.

A perda de água em função do acréscimo de temperatura dos 30°C aos 120°C também foi relatada por Menou (2004), que acrescenta, citando Hils (1967), que a partir dos 105°C inicia-se a decomposição dos produtos de hidratação.

Moreira (2005) avaliou combinações de argamassas de revestimento do tipo industrializada e dosada em obra a base de cimento, areia e cal hidratada ou com aditivo incorporador de ar, aplicadas a diferentes blocos cerâmicos e curadas sob condições de temperatura de 5°C, 20°C e 40°C. Como resultado a autora verificou que tanto a temperatura elevada quanto a baixa influenciaram de forma significativa a queda de resistência de aderência em relação aos valores obtidos na temperatura intermediária.

Çakir e Aköz (2006) avaliaram a influência da temperatura de cura em argamassas com e sem a adição de escória granulada de alto-forno nas propriedades mecânicas das mesmas. Foi utilizado o traço cimento:areia de 1:3 (em massa) e relação água cimento de 0,5 para produção de argamassa de referência. Além desta foram preparadas argamassas com 30% e 60% de substituição da massa de cimento por escória. A cura dos corpos-de-prova ocorria em água saturada de cal a  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  ou em câmara úmida a  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Os resultados obtidos demonstraram que os corpos-de-prova curados à temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$  apresentaram maiores resistências à tração na flexão e à compressão nas idades iniciais, porém houve uma inversão deste comportamento a partir dos 28 dias. A porosidade e permeabilidade das argamassas com substituição de escória apresentaram decréscimo em relação à argamassa de referência, sendo que na condição de cura de  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$  a variação foi menor, ou seja, confirmou-se o efeito sobre a hidratação insuficiente do cimento.

Candia (1998) avaliou em obra a influência da incidência de insolação sobre os revestimentos em argamassa. Foram verificadas duas fachadas com diferente orientação solar, mesmo tipo de argamassa e mesmo pedreiro. O revestimento exposto ao sol apresentou menor resistência de aderência do que aquele à sombra, justificado pelo autor como resultado da aceleração da evaporação ocasionada pelo calor do sol, o que reduziu a hidratação, confirmando as demais referências. Também, em situações reais de obra, soma-se uma maior sucção da base por esta também estar exposta ao calor do sol e também perder água por evaporação mais rapidamente.

### 3.5.3 Efeito da Ventilação

Além da influência da temperatura e umidade, em situações reais de superfícies expostas ao ambiente, existe um terceiro fator que caracteriza as condições ambientais de cura e que também pode influenciar o desempenho dos revestimentos, que é a condição de ventilação. Os efeitos desta condição, ainda mais que as condições já citadas, não vem sendo avaliado em pesquisas recentes.

Sendo a única citação encontrada sobre o tema, Scartezini (2002), apresentando trabalho realizado por Jacobsen e Aarseth (1999), relata que o vento atua na secagem do material, o que remete ao efeito gerado pelas altas temperaturas. O

mesmo autor acrescenta que o fluxo de evaporação pelo efeito do vento é proporcional ao fluxo de umidade presente nos capilares das argamassas. Entretanto, o primeiro apresenta-se de 200 a 400 vezes menor que o segundo.

## 4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental a seguir descrito foi elaborado utilizando as técnicas e elementos praticados na construção civil e as condições de exposição referentes à cidade de Porto Alegre. Da mesma forma, optou-se pelo uso de materiais de construção comumente empregados.

### 4.1 VARIÁVEIS UTILIZADAS

Para análise da influência da temperatura e ventilação de cura na aderência dos revestimentos de argamassa foram simuladas situações do revestimento aplicado sobre camada de preparo em argamassa de chapisco aplicada em pilares de concreto. Foram definidas condições ambientais de cura controladas, sendo fixas ou variáveis.

Para os pilares, foram moldados primas nas dimensões 40x45x10cm, sendo o revestimento aplicado nas duas maiores faces de cada um deles. Quanto às condições ambientais, foram estabelecidas condições fixas para cura do concreto e da argamassa de revestimento e variáveis para a cura da argamassa de chapisco, estas representando condições moderadas e severas.

A execução dos prismas seguiu as prescrições da NBR 7212 – Execução de Concreto Dosado em Central (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984) - e a aplicação dos revestimentos seguiu a NBR 7200 - Execução de Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Procedimento (ABNT, 1998).

A seqüência de execução dos corpos-de-prova de revestimento iniciou com a moldagem dos prismas de concreto com cura de 28 dias. Após a cura do concreto, era aplicada sobre as superfícies a camada de preparo em argamassa de chapisco, com cura de 3 dias. Após este período era aplicada a argamassa de revestimento que, assim como o concreto, tinha cura de 28 dias. O conjunto "chapisco + argamassa" tinha aproximadamente a espessura de 2,5cm (para a aplicação da argamassa de revestimento eram utilizadas mestras com 2cm).

Depois do período de cura da argamassa de revestimento foi realizado o ensaio para determinação da resistência de aderência dos revestimentos.

A Figura 6 ilustra as dimensões dos prismas utilizados e a configuração das camadas neles aplicadas.

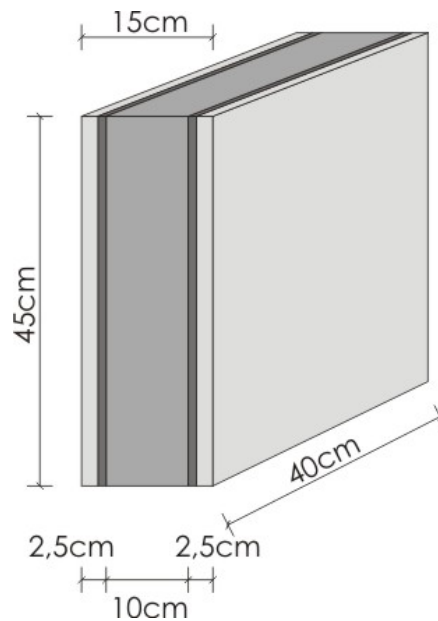


Figura 6: configuração dos prismas e revestimentos do programa experimental

Para verificação do comportamento da aderência em diversas situações, foi definido o uso combinado de argamassas de revestimento e de chapisco, conforme descrição das variáveis no item 7.3.

A escolha dos elementos, técnicas e materiais utilizados neste programa experimental foi baseada em um levantamento prévio realizado em cinco diferentes obras de diferentes empresas construtoras de Porto Alegre. Os itens de maior incidência foram pré-selecionados e, após verificação da disponibilidade e adequação ao ambiente de laboratório, foram definidos como elementos fixos ou variáveis, que serão descritos a seguir.

## 4.2 ELEMENTOS NÃO VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 4.2.1 Substrato de Concreto

Caracterizando o substrato, foram fixadas as dimensões, as fôrmas para concretagem, os materiais constituintes, as resistências característica e de dosagem (como consequência da fixação do traço e da relação água/cimento) e o tratamento superficial pré-aplicação do revestimento.

#### 4.2.1.1 Dimensões do Substrato

O substrato utilizado no programa experimental, conforme mencionado, tinha as dimensões de 40x45x10cm e foi moldado em forma de pilar, para que fossem utilizadas, apresentando as mesmas características, as duas maiores faces do prisma.

O dimensionamento do substrato foi definido a partir da área, da quantidade e do distanciamento dos corpos-de-prova de revestimento a serem arrancados de acordo com prescrições do ensaio de resistência de aderência à tração (NBR 13.528/95). Cada superfície do prisma permite o ensaio de 12 corpos-de-prova.

#### 4.2.1.2 Fôrmas para Concretagem

A definição do material das fôrmas para concretagem dos substratos buscou, dentre os materiais disponíveis para tal função, àquele que não apresentasse variação significativa em sua superfície ao longo de sucessivas concretagens, evitando diferentes porosidades e conformações de superfície. Optou-se, assim, pelo uso de fôrmas metálicas.

Apesar da fôrma metálica não ter sua superfície alterada no decorrer de sucessivas concretagens, há sim uma variação quando nova e já utilizada, entre a primeira e as demais. Para eliminar esta variável, as fôrmas foram utilizadas previamente. Além disto, para evitar o acúmulo sucessivo da nata do concreto na fôrma, o que deixaria, a cada concretagem, a superfície do concreto com uma maior rugosidade, após as desmoldagens as fôrmas eram limpas.



#### 4.2.1.3 Definição e Caracterização dos Materiais Constituintes

A escolha dos materiais utilizados foi baseada nas características desejadas para o concreto e, também, na disponibilidade dos materiais. Esta última aliada, e como reflexo, dos materiais utilizados para execução das estruturas em concreto de uma parcela das obras da cidade de Porto Alegre.

A seguir são apresentados e caracterizados os materiais utilizados na produção dos substratos de concreto.

##### 4.2.1.3.1 Cimento

O cimento Portland empregado foi o CPIV-32 RS, cimento este que é o de maior disponibilidade por parte das cimenteiras da região e que, assim, é o de maior utilização nas concreteiras. Sua caracterização química, física e mecânica, bem como a referência normativa correspondente à determinação de cada propriedade, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: caracterização química, física e mecânica do cimento Portland CPIV-32 RS

Compostos*	Teor (%)	Ensaio		Result.	Limites de norma (EB-758/91)	
SiO <sub>2</sub>	36,28	NM 76:1998	Finura Blaine**	4880 cm <sup>2</sup> /g	-	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,93	NBR 11579/91	Finura #200*	0,4%	-	
CaO	38,23		Finura #325*	3,2%	-	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,35	NM	Início de Pega**	5h20min	> 1h	
MgO	4,60	65:2002	Fim de Pega**	6h10min	< 12h	
SO <sub>3</sub>	2,11	NM 23:2000	Massa Específica**	2,75 g/cm <sup>3</sup>	-	
K <sub>2</sub> O	1,30	NBR 7215/96	Resistência à Compressão	3 dias**	20,9 MPa	> 10MPa
Na <sub>2</sub> O	0,14			7 dias**	28,1 MPa	> 20MPa
				28 dias**	39,3 MPa	> 32MPa
Perda ao Fogo	3,14	NBR 7251/86	Massa Unitária ***	0,83 g/cm <sup>3</sup>	-	

\* dados fornecidos pelo fabricante

\*\* ensaios realizados na CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia/RS

\*\*\* ensaios realizados no laboratório do NORIE/ UFRGS

#### 4.2.1.3.2 Agregados

Como agregado miúdo foi escolhida a areia regular quartzosa caracterizada na Tabela 2 e, como agregado graúdo, foi escolhida a brita basáltica caracterizada na Tabela 3.

Tabela 2: distribuição granulométrica e caracterização física da areia regular utilizada

	Abertura	% Retida	% Acumulada
NM 248:2001	4,75 mm	4	4
	2,36 mm	6	10
	1,18 mm	13	23
	600 $\mu\text{m}$	26	49
	300 $\mu\text{m}$	45	94
	150 $\mu\text{m}$	6	100
	<150 $\mu\text{m}$	0	100
Dimensão Máxima Característica: 4,75 mm			
Módulo de Finura = 2,80			
	NM 52:2002	Massa Específica = 2,62 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 45:95	Massa Unitária = 1,57 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 30:2000	Absorção = 0,43%	

Tabela 3: distribuição granulométrica e caracterização física da brita utilizada

	Abertura	% Retida	% Acumulada
NM 248:2001	25 mm	0	0
	19 mm	11	11
	12,5 mm	69	80
	9,5 mm	17	97
	6,3 mm	3	100
	4,75 mm	0	100
	<4,75 mm	0	100
Dimensão Máxima Característica: 25 mm			
	NM 53:2002	Massa Específica = 2,73 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 45:95	Massa Unitária = 1,48 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 53:2002	Absorção = 2,13%	

#### 4.2.1.4 Resistência do Concreto Utilizada e Dosagem Preliminar

A definição da faixa de resistência do concreto utilizada neste programa experimental foi baseada em um levantamento preliminar realizado em obras da

cidade de Porto Alegre e, também, no fato deste trabalho estar inserido em uma linha de pesquisa conjunta a outros trabalhos, que trabalharam com 3 diferentes faixas de resistência. Considerando a faixa intermediária, adotou-se o valor de  $f_{cj}$  (28 dias) de **37 MPa**.

Para a definição do proporcionamento dos materiais a ser utilizado, foi realizada uma dosagem que considerou a possibilidade de produção de concretos tanto de baixa como de alta resistência, permitindo, assim, que se contemple a variação de faixas de resistência desejada. Foram então escolhidos os traços de 1:2,5, 1:5 e 1:7,5, sendo o traço intermediário pelo qual se iniciou a dosagem, onde obteve-se um teor ideal de argamassa de 53%. Para cada traço foram moldados 3 corpos-de-prova, ensaiados à compressão aos 28 dias. A Tabela 4 apresenta o traço unitário, a quantificação de materiais e a resistência à compressão média aos 28 dias.

Tabela 4: características dos traços dosados com teor de argamassa  $\alpha=53\%$

m	Traço Unitário			Brita (kg)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	a/c	H (%) (a/c)/(1+m)	Abatim. (mm)	F <sub>cj</sub> (MPa)	Desvio-padrão	C.V. (%)
	c	a	p										
2,5	1	0,86	1,65	20	12,15	10,39	4,66	<b>0,38</b>	10,9	70	<b>42,0</b>	1,64	3,91
5	1	2,18	2,82	20	7,09	15,46	4,00	<b>0,56</b>	9,4	80	<b>27,5</b>	1,07	3,88
7,5	1	3,51	4,00	20	5,01	17,55	3,91	<b>0,78</b>	9,2	70	<b>15,8</b>	1,65	10,5

A Figura 7 apresenta o diagrama de dosagem do concreto.

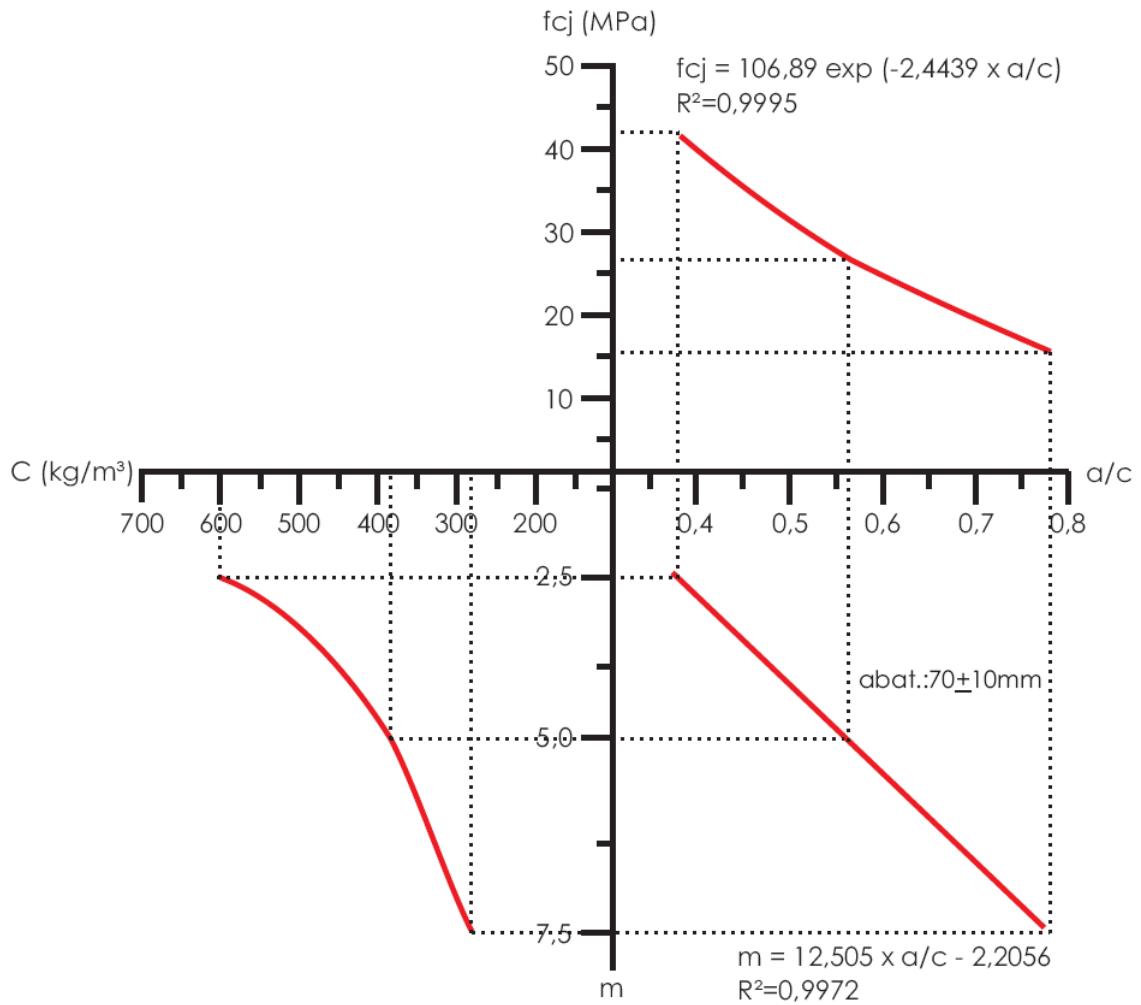


Figura 7: diagrama de dosagem

Definidos o traço unitário e o proporcionamento dos materiais utilizados, a partir do diagrama de dosagem, foram quantificados os materiais, conforme Tabela 5.

Tabela 5: traço unitário e quantificação de materiais para  $F_{dj}=37\text{MPa}$

m	Traço Unitário			Brita (kg)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	a/c	H (%) (a/c)/(1+m)	C (kg/m³)
	c	a	p							
3,3	1	1,28	2,02	20	9,90	12,66	4,35	0,44	10,2%	493,17

#### 4.2.1.5 Moldagem e Cura dos Prismas

As concretagens, que foram realizadas em um período de 15 semanas, sendo feita uma por semana, foram executadas em betoneira de eixo inclinado e em todas elas foram moldados três prismas. A proporção de materiais era feita para 75kg de brita (todo o concreto necessário era moldado em apenas uma betonada). Em cada dia, além dos prismas, também eram moldados corpos-de-prova para os ensaios de resistência à compressão e penetração de água por sucção capilar.

As fôrmas metálicas não recebiam nenhum tipo de tratamento (como óleo desmoldante, por exemplo) pré-moldagem. Eram preenchidas em camada única e o concreto era vibrado. Completava-se o nível da fôrma, vibrava-se novamente e, por fim, era feito o acabamento e a inserção de alças metálicas para facilitar o transporte dos prismas. A Figura 8 ilustra etapa da moldagem dos prismas e a Tabela 6 apresenta os resultados de abatimento obtidos nas sucessivas concretagens.



Figura 8: moldagem dos prismas

Tabela 6: abatimento obtido nas concretagens

Dia	Abatimento (mm)	Dia	Abatimento (mm)	Dia	Abatimento (mm)
1	120	6	125	11	120
2	125	7	125	12	140
3	120	8	130	13	130
4	135	9	150	14	120
5	130	10	110	15	120

Após a moldagem, os prismas e corpos-de-prova tinham cura ao ar de 24h, ainda nas fôrmas, e posteriormente eram desmoldados e levados à câmara úmida com temperatura de  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de 95%, para cura final até a idade de 28 dias.

#### 4.2.1.6 Tratamento Superficial

O tratamento superficial do concreto adotado foi a escovação com escova de cerdas de aço e posterior lavagem com hidro-jato. Este tratamento proporciona bons resultados do ponto de vista da aderência do revestimento e tem sido utilizado por algumas empresas, conforme verificado no levantamento realizado.

O tratamento era feito nos prismas de concreto aos 25 dias de idade, quando eram retirados da câmara úmida. Após o tratamento os mesmos eram colocados em uma sala climatizada a uma temperatura de  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de  $(60\pm 5)\%$ , até que completassem os 28 dias de idade, quando a argamassa de chapisco era aplicada. A opção de completar a cura dos prismas na sala climatizada foi pensada com a finalidade de reduzir a umidade presente nos poros do concreto em decorrência da lavagem.

As Figuras 9(a) e 9(b) mostram o aspecto de uma porção da superfície de um prisma de concreto antes e após o tratamento, onde se observa o aumento da porosidade superficial.

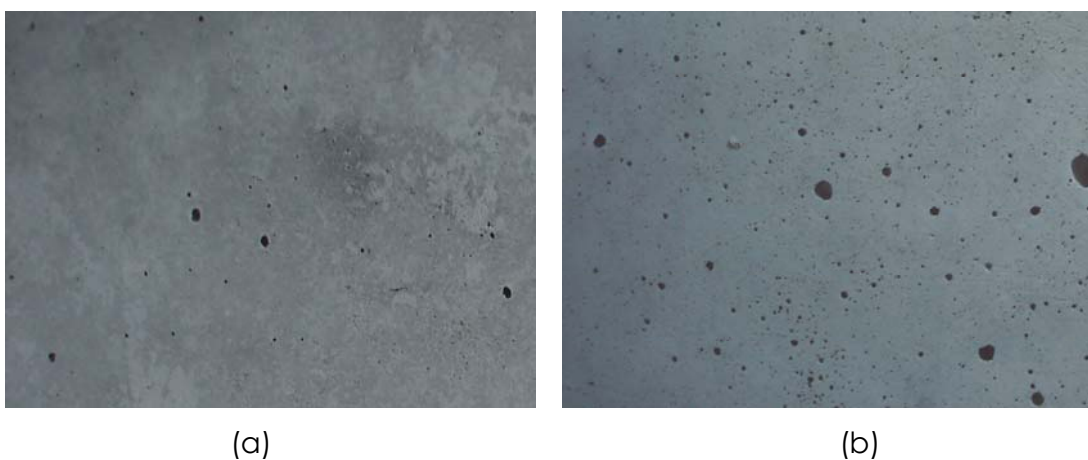


Figura 9: superfície do concreto (a) antes e (b) após a execução do tratamento superficial

## 4.2.2 Condições de Cura do Sistema Revestimento

A umidade relativa do ar foi fixada para realização de todo o programa experimental (cura das argamassas de chapisco e revestimento aplicadas aos prismas e dos corpos-de-prova de ambas), exceto cura do concreto, conforme prescrições das normas referentes à argamassa utilizadas, na faixa de  $(60\pm 5)\%$ .

Para as argamassas de revestimento, além da umidade, a temperatura de cura foi fixada em  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ . Para as argamassas de chapisco as condições de cura foram variáveis, o que será explicitado no decorrer deste capítulo.

## 4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Inicialmente, o programa experimental previa a utilização combinada das seguintes variáveis independentes: as condições ambientais de cura da argamassa de chapisco referentes à ventilação (com e sem a ação do vento) e à temperatura ( $23^\circ\text{C}$  e  $40^\circ\text{C}$ ), os tipos de argamassa de chapisco (Convencional, Industrializado 1 e Industrializado 2) e os tipos de argamassa de revestimento (Convencional, Industrializada 1 e Industrializada 2). Cruzando-se estas variáveis, conforme demonstrado na Figura 10, tinha-se um total de 36 combinações, que seriam repetidas, totalizando 72 combinações.

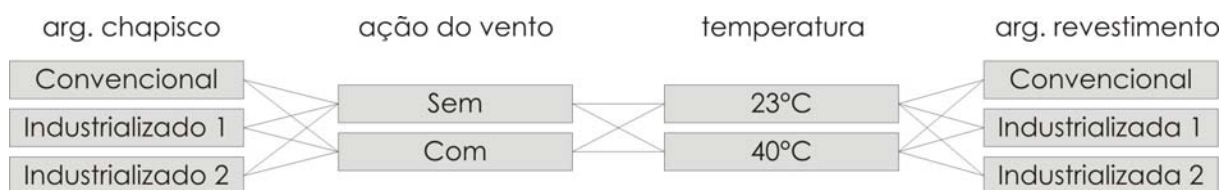


Figura 10: esquema inicial do cruzamento das variáveis independentes

As combinações resultantes se dividiam em 12 blocos/semanas de ensaio, que se dividiam em 4 grandes grupos (esquematisados na Figura 11):

1. utilização de **3 tipos** de argamassa de chapisco e **um tipo** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de  **$23^\circ\text{C}$**  na cura da argamassa de chapisco;

2. repetição do grupo 1 porém com a utilização de **um tipo** de argamassa de chapisco e **3 tipos** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **23°C** na cura da argamassa de chapisco;
3. utilização de **3 tipos** de argamassa de chapisco e **um tipo** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **40°C** na cura da argamassa de chapisco;
4. repetição do grupo 3 porém com a utilização de **um tipo** de argamassa de chapisco e **3 tipos** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **40°C** na cura da argamassa de chapisco.

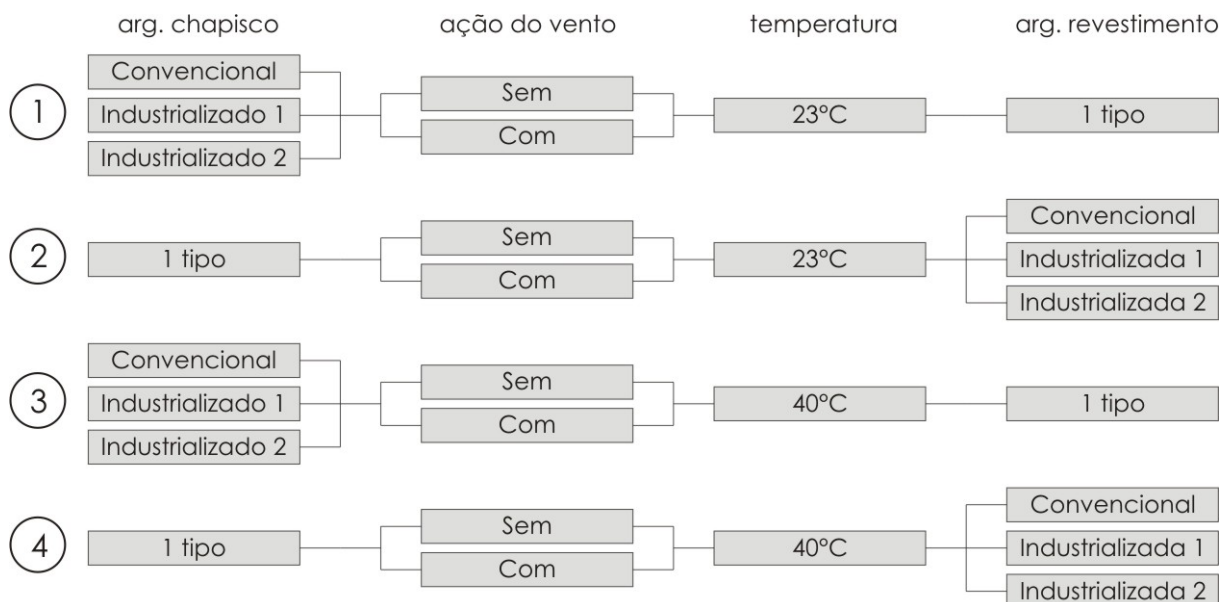


Figura 11: esquema inicial das combinações resultantes das variáveis independentes

Entretanto, depois de concluído o programa experimental referente aos 2 primeiros grupos (combinações que não sofriram influência da temperatura elevada na cura da argamassa de chapisco), optou-se por alterar o traço da argamassa de revestimento do tipo convencional dosada em obra. Isto pelo fato desta ter apresentado resultados bastante insatisfatórios do ponto de vista de aderência, que impossibilitavam a análise da influência das variáveis. Assim, foi acrescentado ao programa mais um grupo, para que as combinações em que não era verificada a influência da ação da temperatura elevada pudessem ser avaliadas com o novo traço de argamassa.



Além disso, optou-se por verificar a influência do preparo em argamassadeira de eixo vertical (capacidade 5 litros), também em função de resultados insatisfatórios com as argamassas de revestimento industrializadas, até então preparadas com betoneira de eixo inclinado. Com o uso da argamassadeira pretendia-se buscar uma homogeneidade na mistura e com isto obter melhores resultados. Assim, optou-se por acrescentar uma variável ao programa experimental, denominada modo de preparo, sendo este com betoneira de eixo inclinado ou argamassadeira de eixo vertical conforme a NBR 13276/05, não sendo a segunda utilizada nas argamassas de revestimento convencionais. Como nos dois primeiros grupos já executados as argamassas de revestimento haviam sido preparadas com betoneira, no bloco adicional as industrializadas foram preparadas com argamassadeira. Já nos blocos remanescentes, deixou-se de fazer a repetição (de mesmas variáveis) para avaliar um diferente modo de preparo.

Implementadas as alterações citadas, o programa experimental se organizou em 5 grandes grupos, conforme descrição que segue (esquemmatizada na Figura 12):

1. utilização de **3 tipos** de argamassa de chapisco e **um tipo** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; preparo das argamassas de chapisco com **argamassadeira** e das argamassas de revestimento com **betoneira**; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **23°C** na cura da argamassa de chapisco;
2. utilização de **um tipo** de argamassa de chapisco e **3 tipos** de argamassa de revestimento a cada bloco de ensaio; preparo das argamassas de chapisco com **betoneira** e das argamassas de revestimento com **betoneira**; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **23°C** na cura da argamassa de chapisco;
3. utilização de **um tipo** de argamassa de chapisco e **3 tipos** de argamassa de revestimento (novo traço para a argamassa convencional) a cada bloco de ensaio; preparo das argamassas de chapisco com **betoneira** e das argamassas de revestimento industrializadas com **argamassadeira**; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **23°C** na cura da argamassa de chapisco;
4. utilização de **3 tipos** de argamassa de chapisco e **um tipo** de argamassa de revestimento (novo traço para a argamassa convencional) a cada bloco de ensaio; preparo das argamassas de chapisco com **argamassadeira** e das argamassas de revestimento com **betoneira**; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **40°C** na cura da argamassa de chapisco;

5. utilização de **um tipo** de argamassa de chapisco e **3 tipos** de argamassa de revestimento (novo traço para a argamassa convencional) a cada bloco de ensaio; preparo das argamassas de chapisco com **betoneira** e das argamassas de revestimento industrializadas com **argamassadeira**; com e sem a ação do vento e com a ação da temperatura de **40°C** na cura da argamassa de chapisco.

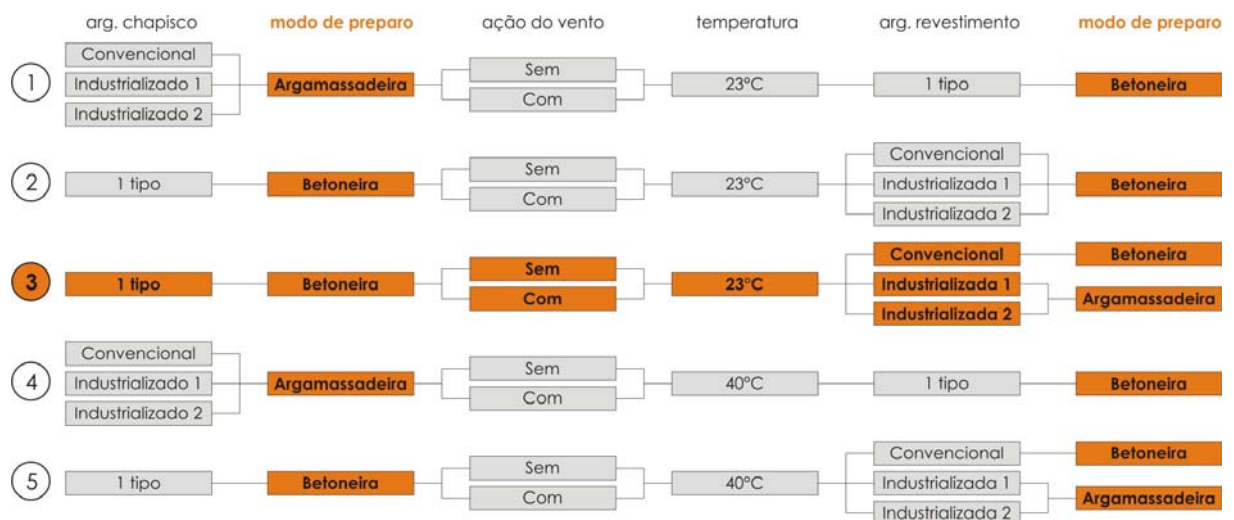


Figura 12: esquema final das combinações resultantes das variáveis independentes

Cruzando, portanto, todas as variáveis, chegou-se em um total de 90 combinações. Estas foram divididas em 15 blocos/semanas de ensaio, sendo em cada um ensaiadas 6 combinações, duas em cada prisma (uma por face), resultando em 3 prismas moldados a cada bloco/semana de ensaio e 45 no total do programa experimental.

A escolha do número de blocos de ensaio foi baseada no tempo a ser gasto a cada dia para realização dos ensaios de caracterização e controle dos materiais, para aplicação do revestimento e para realização do ensaio de verificação da resistência de aderência, este último estipulado pelo número de corpos-de-prova a serem arrancados.

A Tabela 7 detalha as combinações resultantes das variáveis independentes e a divisão e subdivisão em grupos e blocos/semanas de ensaio, respectivamente.

Tabela 7: combinação de todas as variáveis independentes

Grupo	Bloco	Comb.	Argamassa de Chapisco				Arg. de Revestimento				Condições de Cura						
			Tipo			Preparo		Tipo			Preparo		Vento		Temp.		
			A	B	C	Mist.	Bet.	A	B	C	Mist.	Bet.	Sem	Com	23°C	40°C	
1	1	1															
		2															
		3															
		4															
		5															
		6															
1	2	7															
		8															
		9															
		10															
		11															
		12															
1	3	13															
		14															
		15															
		16															
		17															
		18															
2	4	19															
		20															
		21															
		22															
		23															
		24															
2	5	25															
		26															
		27															
		28															
		29															
		30															
2	6	31															
		32															
		33															
		34															
		35															
		36															
3	7	37															
		38															
		39															
		40															
		41															
		42															
3	8	43															
		44															
		45															
		46															
		47															
		48															
3	9	49															
		50															
		51															
		52															
		53															
		54															
4	10	55															
		56															
		57															
		58															
		59															
		60															
4	11	61															
		62															
		63															
		64															
		65															
		66															
4	12	67															
		68															
		69															
		70															
		71															
		72															
5	13	73															
		74															
		75															
		76															
		77															
		78															
5	14	79															
		80															
		81															
		82															
		83															
		84															
5	15	85															
		86															
		87															
		88															
		89															
		90															

Considerando a existência de algumas variáveis intervenientes – como a eficiência dos operadores e as condições ambientais do laboratório fora dos locais monitorados para as condições definidas por norma – que influenciam o resultado dos experimentos e, apesar de se idealizar e buscar uma padronização, sob as quais não se tem controle, se faz necessário dissolver o efeito destas variáveis. Desta forma, a execução do programa experimental foi organizada visando minimizar o efeito das variáveis intervenientes nos ensaios, permitindo que os resultados sejam influenciados pelas variáveis independentes definidas e que o erro não seja consequência do efeito das variáveis não controláveis. Para isto, foi necessário aleatorizar as combinações a serem ensaiadas, ou seja, em cada bloco de ensaio uma combinação de mesmas argamassas e condições de cura não será repetida. Além disto, buscou-se ensaiar em cada bloco a maior variedade possível das variáveis independentes, evitando que, por exemplo, todas as combinações com a Argamassa Convencional fossem ensaiadas em um dia de temperatura e umidade elevadas, o que influenciaria nos resultados com esta argamassa e incluiria nestes uma variável não controlada e não presente nos demais ensaios. Os resultados, portanto, teriam validade apenas na situação apresentada no momento do ensaio e não teriam validade externa.

Cada bloco de ensaio foi desenvolvido em quatro etapas subseqüentes:

1. execução dos prismas do substrato com cura de 28 dias;
2. aplicação da camada de preparo em argamassa de chapisco com cura de 3 dias;
3. aplicação da argamassa de revestimento com cura de 28 dias;
4. verificação da resistência de aderência à tração do sistema revestimento.

#### **4.3.1 Condições Ambientais de Cura da Camada de Preparo**

As condições ambientais definidas como variáveis na cura foram a temperatura e ventilação, e estas foram simuladas apenas na camada de preparo (argamassa de chapisco). A análise da influência destas variáveis em diferentes composições de “camada de preparo + camada de revestimento” é, como citado, o objetivo deste

programa experimental. Foram definidas quatro condições de cura, de moderadas a severas.

Na primeira condição, durante a cura da argamassa de chapisco, os prismas foram expostos a uma temperatura ambiente definida pelas normas<sup>4</sup> referentes às argamassas de revestimento e assentamento de paredes e tetos, correspondente a  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ , sem a ação do vento. Na segunda condição moderada, repetiu-se a temperatura, porém se acrescentou a ação do vento sobre a camada de preparo. Caracterizando as condições severas, os prismas com a argamassa de chapisco foram expostos a uma temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , sendo uma condição sem a ação do vento e outra, considerada a condição crítica, com a ação do vento.

#### 4.3.1.1 Ação do Vento

Para análise da influência da ação do vento, optou-se pela verificação da ação do vento agindo apenas na secagem do material e não como agente mecânico passível de exercer esforços no revestimento, como pressão e sucção. Definiu-se a incidência direta do vento em uma das faces dos prismas, sendo que para a face posterior à de incidência o vento era barrado para evitar os efeitos acima descritos.

A simulação da ventilação foi feita com circuladores de ar, que possuem a característica de distribuir de forma homogênea e constante o vento (o que foi verificado posteriormente com medição por anemômetro) à superfície do prisma durante o período de três dias de cura da argamassa de chapisco. Cada prisma era posicionado a uma distância de 40cm frente a um circulador de ar e era protegido para bloquear a passagem do vento para a superfície posterior, evitando o efeito de sucção nesta. Além disto, o conjunto de prismas e circuladores era confinado para não haver dispersão do vento.

Como a exposição ao vento foi realizada juntamente à exposição à temperatura, para a cura a  $23^{\circ}\text{C}$  das argamassas de chapisco os prismas foram colocados em uma sala climatizada (Figura 13) e para a cura à  $40^{\circ}\text{C}$  em uma caixa aquecida (Figura 14), ambas com umidade relativa do ar controlada em  $(60 \pm 5)\%$ .

---

<sup>4</sup> NBR 13276/05, NBR 13277/05, NBR 13278, NBR 13279/05, NBR 13280/05, NBR 13281/05 e NBR 15259/05



Figura 13: exposição dos prismas à ação do vento na sala climatizada

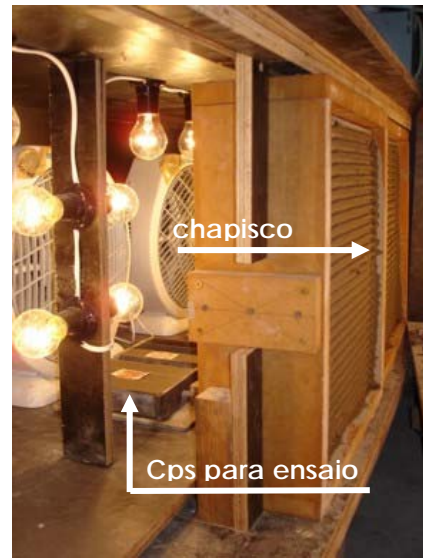


Figura 14: exposição dos prismas à ação do vento na caixa aquecida

A velocidade do vento foi definida a partir de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a cidade de Porto Alegre no ano de 2005. Os dados indicaram as velocidades máximas diárias, das quais se calculou uma média de 2,8m/s. Entretanto, cabe salientar que esta velocidade é referente ao vento que entra na malha urbana, do macroclima da cidade de Porto Alegre, não sendo representativa do vento que chega a determinadas fachadas das edificações em contato com os revestimentos, ou seja, característico de microclimas específicos.

Como não é possível definir um padrão de velocidade do vento que chega às fachadas, já que a primeira depende, segundo Mascaró (1991), da forma, do posicionamento em relação a espaços abertos e edificações vizinhas e da localização e orientação da edificação; e como está sendo considerado apenas o efeito de secagem, foi definido um ajuste da velocidade conhecida (média das máximas obtidas na cidade de Porto Alegre no ano de 2005, calculada em 2,8m/s) para a velocidade dos circuladores de ar utilizados. A velocidade do vento produzida pelos circuladores de ar foi medida em 2,0m/s.

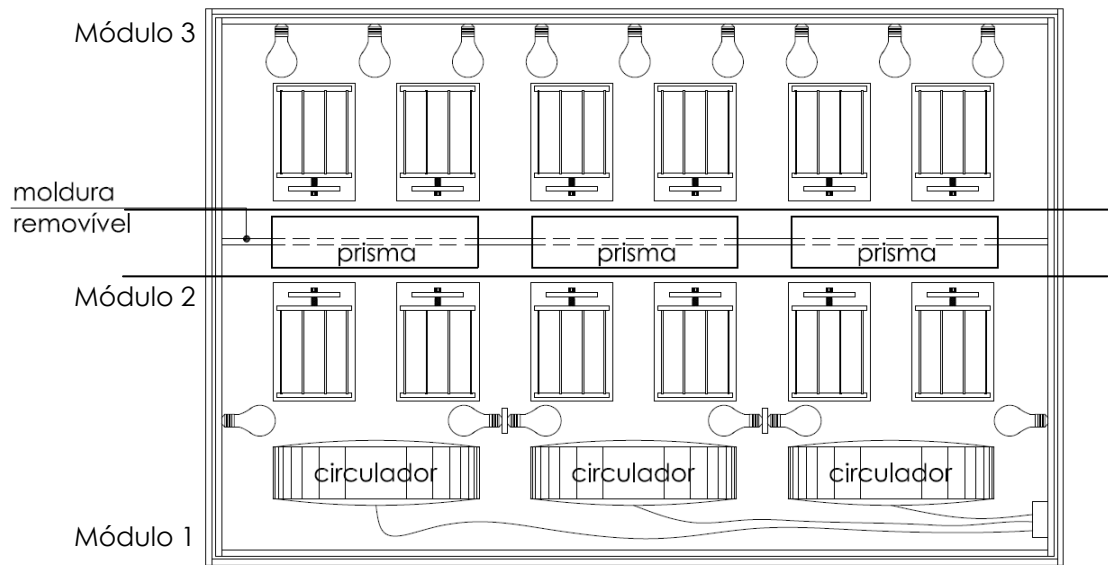
#### 4.3.1.2 Ação da Temperatura

Quanto à influência da ação da temperatura no período de cura da argamassa de chapisco, foi descartada a ação combinada de elevação da temperatura por radiação solar e considerado apenas o aquecimento da superfície pelo calor do ar. Isto porque, da mesma forma da ventilação, o aquecimento pela ação da radiação solar é bastante variável, dependendo da época do ano, da hora do dia, da orientação da superfície e do entorno da edificação que proporciona ou não áreas de sombreamento.

A simulação da temperatura do ar foi realizada em câmaras climatizadas, sendo os 23°C simulados em uma sala climatizada com condicionador de ar, e os 40°C em caixa aquecida construída especificamente para este fim, provida de lâmpadas incandescentes posicionadas de forma a proporcionar um aquecimento uniformemente distribuído e regular em todas as superfícies. Em ambas as condições a umidade relativa do ar era controlada e constante em  $(60 \pm 5)\%$ .

A caixa aquecida foi construída em 3 módulos, sendo 2 deles correspondente aos compartimentos aquecidos e o terceiro, dividindo e isolando os primeiros, correspondente ao posicionamento dos prismas. O primeiro módulo, mantido fixo, continha o espaço para os circuladores de ar, posicionados a uma distância de 40cm dos prismas, e lâmpadas incandescentes fixadas nas laterais ou em montantes entre os prismas e na parte superior da caixa, formando uma "moldura" de lâmpadas para cada prisma. Este módulo também continha espaço para colocação de moldes de corpos-de-provas prismáticos de dimensões 4cmx4cmx16cm, utilizados posteriormente para o ensaio que verifica a resistência à flexão e à compressão, conforme será descrito posteriormente. O segundo módulo, móvel, continha a base e montantes que garantiam o posicionamento exato dos prismas, além de uma tampa removível onde estava fixada uma moldura que, quando colocada, garantia o total isolamento dos dois compartimentos aquecidos, evitando a passagem de vento. O terceiro módulo, por fim, continha também lâmpadas incandescentes e espaço para moldes de corpos-de-prova.

As Figuras 15 e 16a e 16b ilustram, respectivamente, o esquema da caixa aquecida em planta baixa e a montagem da caixa para o ensaio.



### Planta Baixa

Figura 15: representação esquemática da caixa aquecida utilizada



Figura 16: caixa aquecida (a) sendo preparada para o ensaio e (b) fechada, durante a realização do mesmo

A definição dos 40°C também foi feita a partir de dados fornecidos pelo INMET para a cidade de Porto Alegre no ano de 2005. A escolha foi feita a partir da temperatura mais alta alcançada no ano (39,2°C), sendo definida como temperatura do ar.

A exposição da camada de preparo com argamassa de chapisco à temperatura elevada não foi feita de forma contínua, mas sim simulando as variações diárias, em forma de ciclagem. Foram feitos 4 ciclos diários de 6 horas, ativados por um



temporizador que controlava 2 termostatos, cada um programado para uma temperatura. Ambos termostatos estavam em contato com os três compartimentos da caixa, garantindo que todo o sistema trabalhasse junto, e não de forma isolada, conforme indicação da Tabela 8.

Tabela 8: ciclagem de exposição da camada de preparo em argamassa de chapisco a 40°C

Ciclo	Intervalo (h)	Temperatura
1	0 - 6	Crescente - 23°C a 40°C
2	6 - 12	Decrescente - 40°C a 23°C
3	12 - 18	Crescente - 23°C a 40°C
4	18 - 0	Decrescente - 40°C a 23°C

É importante explicitar que o tempo de duração do acréscimo ou decréscimo de temperatura não foi controlado, apenas monitorado. O controle do temporizador e termostatos consistia apenas em manter a temperatura, quando alcançada, até que fosse completado o ciclo de 6 horas.

Também não foi controlado o efeito da ventilação sobre um possível decréscimo de temperatura na superfícies dos prismas, sendo considerada apenas a temperatura do ar e seu efeito, isolado ou combinado com o efeito do vento.

### 4.3.2 Camada de Preparo – Argamassa de Chapisco

Foram escolhidas três argamassas de chapisco, uma dosada em obra e duas industrializadas, das quais foi avaliado o comportamento frente às variações das condições ambientais de cura através das variações na resistência de aderência do revestimento ao substrato.

A escolha das argamassas de chapisco ocorreu através de um trabalho preliminar onde foram moldados e ensaiados – quanto à resistência à tração na flexão e à compressão (NBR 13279/05) e quanto à absorção por capilaridade (NBR 15259/05) – corpos-de-prova de 4 tipos de argamassa, sendo estas também aplicadas em prismas de concreto, recebendo posteriormente a argamassa de revestimento e sendo verificada a resistência de aderência à tração do revestimento (NBR 13528/95). Foram escolhidas, portanto, aquelas que apresentaram melhor

desempenho nos ensaios realizados e aquelas em que foi observado, na aplicação, boa trabalhabilidade e adequada adesão inicial.

Escolhidas as argamassas de chapisco a serem utilizadas, definiu-se a seguinte descrição:

- a) Chapisco Tipo A: **convencional dosado em obra**, Cimento Portland CPIV-32 RS (vide Tabela 1), areia regular quartzosa de dimensão máxima característica 4,75mm (vide Tabela 2), traço 1:3 em volume com areia seca (1:5,67 em massa), aplicação com colher de pedreiro;
- b) Chapisco Tipo B: **Industrializado Tipo 1**, Fabricante X, massa específica 2,70g/cm<sup>3</sup>, indicação de 5,0 a 6,0 litros de água para 40kg de material seco, aplicação com desempenadeira denteada;
- c) Chapisco Tipo C: **Industrializado Tipo 2**, Fabricante Y, massa específica 2,83g/cm<sup>3</sup>, indicação de 3,9 a 4,2 litros de água para 20kg de material seco, aplicação com desempenadeira denteada.

A quantidade de água utilizada em cada mistura foi definida no primeiro preparo dentro da faixa indicada pelos fabricantes ou pela consistência ideal definida pelo operador – no caso da argamassa de chapisco Convencional – e então fixada para todos os dias de ensaio (Tabela 9).

Tabela 9: quantidade de água para cada mistura e consistência das argamassas de chapisco obtida no primeiro preparo

Descrição	Quantidade de Água	Consistência (mm)	
Convencional	a/c = 1,39	NBR 13276/05	318
Industrializado Tipo 1	0,20l por kg de material seco		206
Industrializado Tipo 2	0,21l por kg de material seco		199

O tempo e a seqüência de mistura para cada modo de preparo e cada tipo de argamassa de chapisco também foram fixados na primeira aplicação.

Quando utilizada para a mistura a argamassadeira de capacidade 5 litros, a seqüência e o tempo de preparo das argamassa de chapisco seguiram a indicação da NBR 13276 (ABNT, 2005), sempre preparadas com 3kg de material seco e água correspondente. Os produtos industrializados não apresentavam indicação dos fabricantes quanto ao preparo.

Quando utilizada a betoneira de eixo inclinado, seguiu-se seqüência de preparo previamente definida:

1. inserção na betoneira de metade da água a ser utilizada;
2. adição do material seco;
3. acionamento da betoneira por 2 minutos, sendo os instantes iniciais para adição do restante de água;
4. descanso da mistura durante 1 minuto, quando as paredes da betoneira eram raspadas;
5. acionamento da betoneira por mais 2 minutos.

A cada preparo as argamassas de chapisco tinham seus índices de consistência verificados conforme prescrições da NBR 13276 (ABNT, 2005), apresentados na Tabela 10 e na Figura 17. Apesar da variação nos índices de consistência entre os diferentes dias de preparo, foi verificado estatisticamente por análise de variância (ANOVA) que esta variação não é significativa, conforme demonstrado na Tabela 11. Para esta análise foram considerados dados obtidos em 7 dias, sendo desconsiderados os valores das três argamassas nos dias em que alguma delas não foi preparada. Acredita-se que esta variação tenha ocorrido em função do preparo ter ocorrido em ambiente não controlado. Somado ao isto, o programa experimental estendeu-se por um ano, o que resultou em condições ambientais bastante variadas entre os sucessivos preparos.

Tabela 10: índice de consistência das argamassas de chapisco

Tipo	Dia	Preparo	Consistência (mm)	Tipo	Dia	Preparo	Consistência (mm)	Tipo	Dia	Preparo	Consistência (mm)
Convencional	1	argamass.	318	Industrializado 1	1	argamass.	206	Industrializado 2	1	argamass.	199
	2	argamass.	287		2	argamass.	212		2	argamass.	220
	3	argamass.	**		3	argamass.	219		3	argamass.	189
	4	betoneira	312		5	betoneira	209		6	betoneira	188
	7	betoneira	257		8	betoneira	218		9	betoneira	191
	10	argamass.	285		10	argamass.	254		10	argamass.	223
	11	argamass.	240		11	argamass.	235		11	argamass.	215
	12	argamass.	258		12	argamass.	250		12	argamass.	**
13	betoneira	226	14	betoneira	271	15	betoneira	190			

\*\* devido à falta do pedreiro que aplicaria a argamassa de chapisco Convencional, neste dia específico optou-se por repetir a utilização do Industrializado 2 que, em outra ocasião, não foi utilizado para que se repetisse o Convencional.

Tabela 11: análise de variância (ANOVA) do efeito dos diferentes dias de preparo na consistência das argamassas de chapisco

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-P	Significância
Tipo de Chapisco	2	9129,57	10,308	0,0025	<b>S</b>
Dia de preparo	6	321,78	0,363	0,8884	NS
ERRO	12	885,68	-		-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

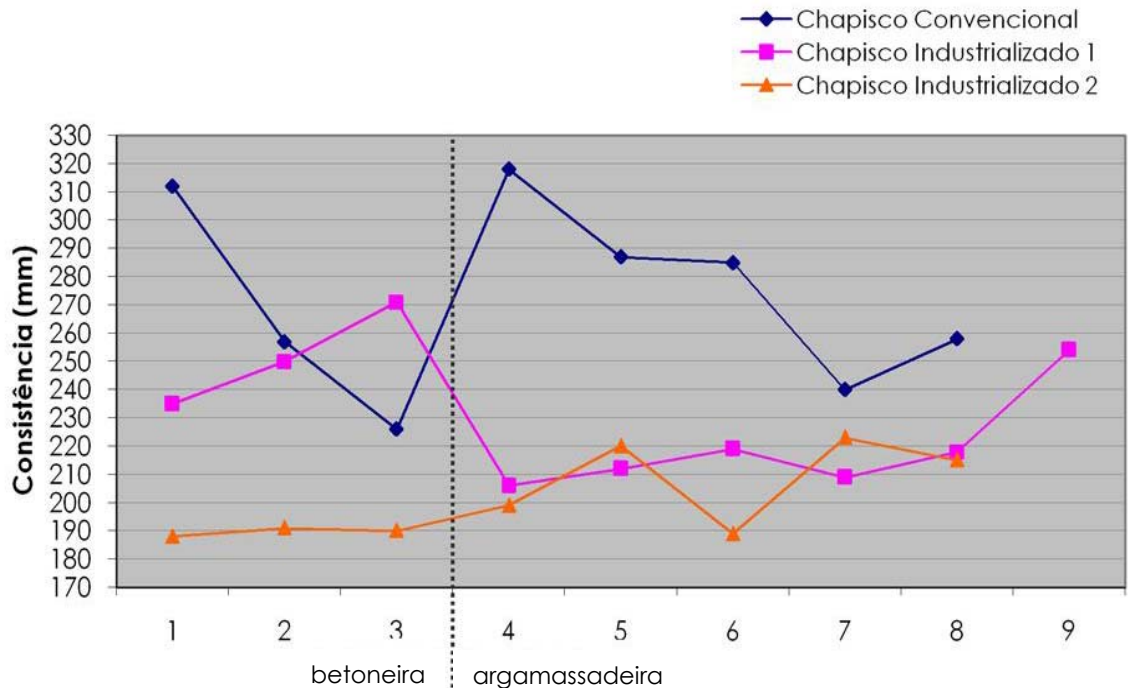


Figura 17: variação do índice de consistência por dia e modo de preparo

Anteriormente ao preparo e aplicação, os prismas que iriam à caixa aquecida eram colocados em molduras que, além de fornecer o gabarito da espessura total do revestimento, favoreciam o deslocamento e o encaixe dos mesmos na caixa.

Quanto à aplicação, a forma desta variava de acordo com o tipo de argamassa. Para a argamassa de chapisco convencional foi utilizada a aplicação manual com colher de pedreiro, em camada única, buscando-se uma espessura máxima de 0,5cm. A superfície com chapisco convencional caracterizava-se por uma superfície irregular, porém com a cobertura completa do substrato.

Para as argamassas de chapisco industrializadas, cuja composição e propriedades no estado fresco requeriam aplicação com desempenadeira denteada, foi utilizado método de aplicação indicado pelo fabricante da argamassa de chapisco do tipo Industrializado 2. No caso do Industrializado 1, por não haver indicação – esta foi dada apenas para a ferramenta de aplicação – o método se repetiu.

O método de aplicação das argamassas de chapisco industrializadas consistia na execução em três etapas, ilustradas nas Figuras 18(a), 18(b) e 18(c):

1. imprimação da superfície com o lado liso da desempenadeira;
2. aplicação de camada espessa de argamassa de chapisco com o lado liso da desempenadeira;
3. execução de ranhuras horizontais com o lado denteado da desempenadeira.

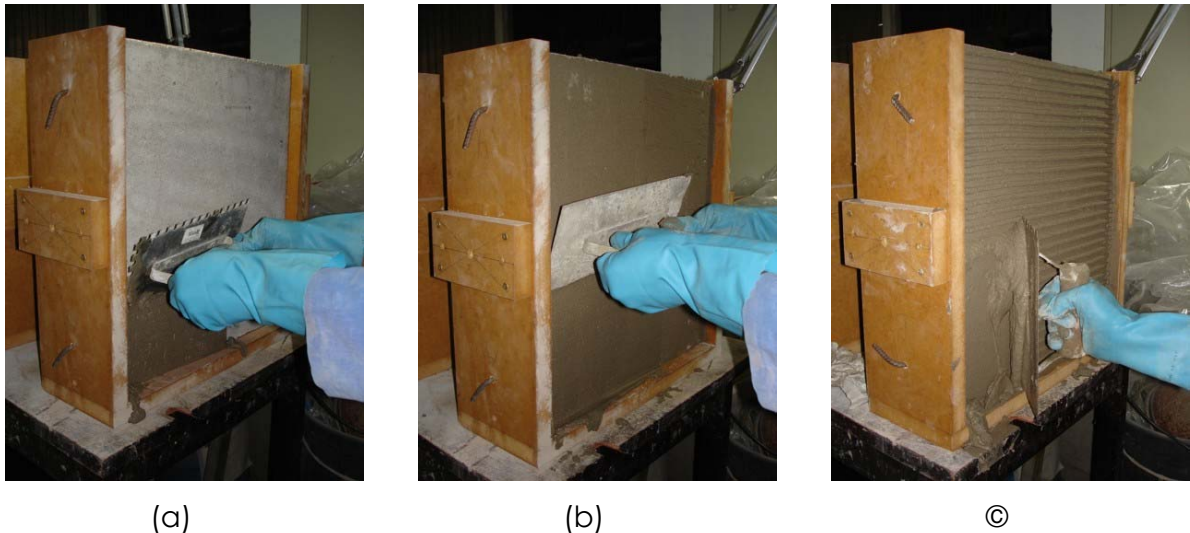


Figura 18: aplicação da argamassa de chapisco: (a) imprimação, (b) aplicação da camada espessa e (c) execução das ranhuras

Imediatamente após a aplicação os prismas eram submetidos ao período de cura de 3 dias nas condições pré-definidas de temperatura de (23°C ou 40°C) e umidade relativa do ar ( $60 \pm 5 \%$ ). Além destas condições, uma das faces dos prismas era exposta à ação do vento, conforme citado anteriormente no item 5.3.1.1.

### 4.3.3 Argamassa de Revestimento

Considerando que o tipo de revestimento exerce influência direta na aderência chapisco x argamassa, foi avaliado o comportamento de três diferentes argamassas de revestimento, a partir das resistências de aderência do sistema. Assim, foi verificada, para cada argamassa, a influência das variações ocorridas na cura da camada de preparo em argamassa de chapisco. Foram escolhidas três argamassas de revestimento, uma dosada em obra e as outras industrializadas.

Da mesma forma que as argamassas de chapisco, a escolha das argamassas de revestimento teve embasamento em um trabalho preliminar, onde foram realizados os mesmos ensaios aplicados às argamassas de chapisco e do qual se escolheu aquelas que apresentaram melhor desempenho. Escolhidas as argamassas de revestimento a serem utilizadas, chegou-se a seguinte descrição (considerando que a argamassa convencional dosada em obra teve seu traço modificado após decorridos os dois primeiros grupos de ensaio):

- a) Argamassa Tipo A<sub>1</sub>: **convencional dosada em obra**, Cimento Portland CPIV-32 RS (vide Tabela 1), areia quartzosa de dimensão máxima característica 1,18mm, traço 1:1:5,5 em volume com areia seca (1:0,83:11 em massa), cal hidratada tipo CH III;
- b) Argamassa Tipo A<sub>2</sub>: **convencional dosada em obra**, Cimento Portland CPIV-32 RS (vide Tabela 1), areia quartzosa de dimensão máxima característica 1,18mm, traço 1:0,94:3,25 em volume com areia seca (1:0,78:6,5 em massa), cal hidratada tipo CH III;
- c) Argamassa Tipo B: **Industrializada Tipo 1**, Fabricante X, massa específica 2,65g/cm<sup>3</sup>, indicação de 6,0 a 7,5 litros de água para 40kg de material seco;
- d) Argamassa Tipo C: **Industrializada Tipo 2**, Fabricante Y, massa específica 2,83g/cm<sup>3</sup>, indicação de 7,9 a 8,6 litros de água para 50kg de material seco.

A caracterização da areia fina e cal hidratada utilizadas no preparo da argamassa dosada em obra são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12: distribuição granulométrica e caracterização física da areia utilizada

	Abertura	% Retida	% Acumulada
NM 248:2001	4,75 mm	0	0
	2,36 mm	0	0
	1,18 mm	0	0
	600 µm	40	40
	300 µm	52	92
	150 µm	8	100
	<150 µm	0	100
Dimensão Máxima Característica: 1,18 mm			
Módulo de Finura = 2,32			
	NM 52:2002	Massa Específica = 2,62 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 45:95	Massa Unitária = 1,50 g/cm <sup>3</sup>	
	NM 30:2000	Absorção = 0,43%	

Tabela 13: caracterização química e física da cal hidratada tipo CH III

Compostos		Teor (%)
NBR 6473/03	CaO*	36,00
	MgO*	61,70
	CaO + MgO*	97,70
	SiO <sub>2</sub> *	1,75
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0,43
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0,11
	Total óxidos não hidratados**	2,30
NBR 9289/00	Peneira 600 µm*	0
	Peneira 75 µm *	13,10
NM 23:2001	Massa Específica***	2,29 g/cm <sup>3</sup>
NBR 7251/86	Massa Unitária***	0,65 g/cm <sup>3</sup>

\* dados fornecidos pelo fabricante

\*\* ensaios realizados no LACER/UFRGS (POSSER, 2004)

\*\*\* ensaios realizados no NORIE/UFRGS

A quantidade de água utilizada foi definida no primeiro preparo, dentro do especificado pelo fabricante ou, na falta desta especificação ou no caso da argamassa Convencional, pela consistência ideal definida pelo operador (Tabela 14).

Tabela 14: quantidade de água para cada mistura e consistência das argamassas de revestimento obtida no primeiro preparo

Descrição	Quantidade de Água	Consistência (mm)	
Convencional 1	a/agl = 1,20	NBR 13276/05	274
Convencional 2	a/agl = 0,77		242
Industrializado Tipo 1	0,20l por kg de material seco		241
Industrializado Tipo 2	0,17l por kg de material seco		216

O preparo das argamassas de revestimento foi realizado em argamassadeira ou em betoneira de eixo inclinado, sendo o primeiro modo de preparo utilizado nas argamassas industrializadas nos blocos/semanas de ensaio em que eram preparados três tipos de argamassa, e o segundo quando preparado apenas um tipo ou quando preparada a argamassa convencional, em qualquer quantidade. Em ambos os modos de preparo, o tempo e a seqüência de mistura foram fixados na primeira aplicação.



Quando da utilização de argamassadeira, as argamassa de revestimento industrializadas também seguiam o tempo e seqüência da mistura recomendados pela da NBR 13276 (ABNT, 2005), sendo a argamassa Industrializada 1 pela falta de indicação e a Industrializada 2 pela indicação de que a norma fosse seguida. Para a primeira, eram preparados sempre 3,3kg de material seco e água correspondente, enquanto que para a segunda eram utilizados 3,2kg de material seco e água correspondente.

Quando da utilização de betoneira de eixo inclinado, fazia-se uso dos mesmos tempos e seqüência de preparo das argamassas de chapisco.

A Tabela 15 e a Figura 19 apresentam os índices de consistência obtidos a cada preparo de cada argamassa de revestimento, bem como o modo de preparo correspondente. A variação encontrada nos índices de consistência foi verificada estatisticamente como sendo não significativa, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 15: índice de consistência das argamassas de revestimento

	Tipo				Tipo				Tipo		
	Dia	Preparo	Consistência (mm)		Dia	Preparo	Consistência (mm)		Dia	Preparo	Consistência (mm)
Conv.  Convençional 2	3	betoneira	276	Industrializada 1	2	betoneira	241	Industrializada 2	1	betoneira	216
	4	betoneira	245		4	betoneira	242		4	betoneira	243
	5	betoneira	255		5	betoneira	240		5	betoneira	255
	6	betoneira	263		6	betoneira	273		6	betoneira	243
	7	betoneira	242		7	argamass.	203		7	argamass.	254
	8	betoneira	239		8	argamass.	291		8	argamass.	244
	9	betoneira	233		9	argamass.	316		9	argamass.	253
	10	betoneira	235		11	betoneira	293		12	betoneira	236
	13	betoneira	270		13	argamass.	310		13	argamass.	237
	14	betoneira	263		14	argamass.	311		14	argamass.	242
	15	betoneira	249		15	argamass.	302		15	argamass.	240

Tabela 16: análise de variância (ANOVA) do efeito dos diferentes dias de preparo na consistência das argamassas de revestimento

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-P	Significância
Tipo de Argamassa	2	3088,394	4,861362	0,019029	<b>S</b>
Dia de preparo	10	477,0848	0,750967	0,671349	NS
ERRO	20	635,2939	-		-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

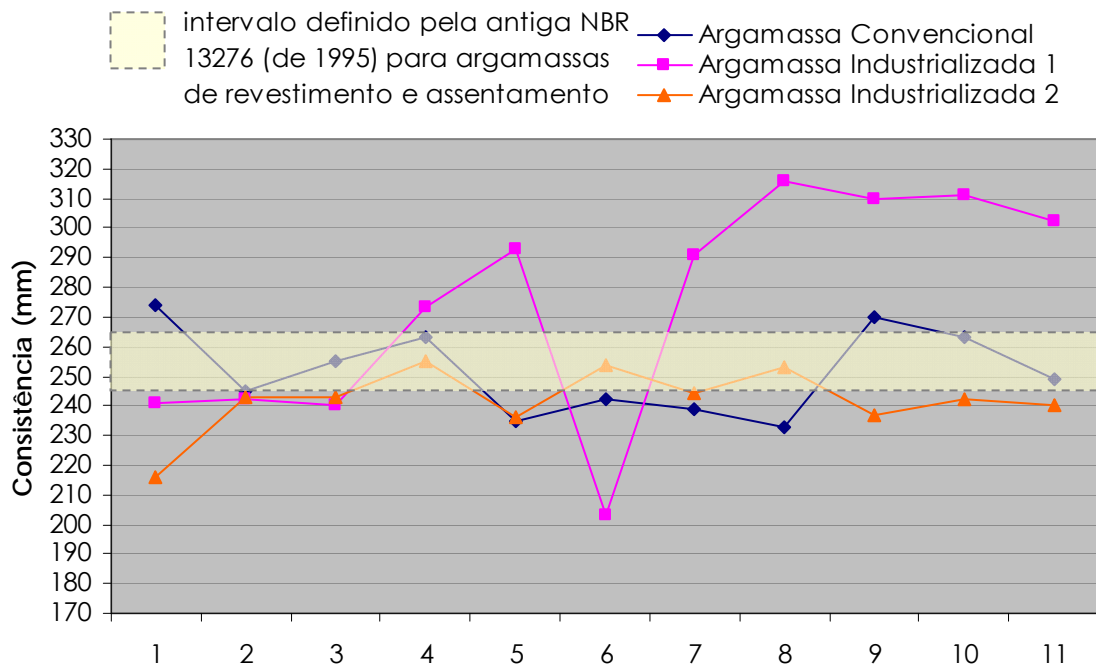


Figura 19: variação do índice de consistência por dia de preparo

Quanto à aplicação, realizada em sala climatizada (temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de  $(60 \pm 5)\%$ ), utilizaram-se dois métodos, que variavam de acordo com o tipo de argamassa de chapisco sobre o qual a argamassa de revestimento seria aplicada. Sobre a argamassa de chapisco convencional, a argamassa de revestimento era lançada com colher de pedreiro, em camada única, de forma convencional. Sobre as argamassas de chapisco industrializadas era inicialmente aplicada uma camada com desempenadeira plástica, a fim de preencher as ranhuras e, após, a argamassa era lançada com colher de pedreiro em pequenas porções, as quais ainda eram pressionadas, eliminando vazios entre as ranhuras e camadas.

Após aplicação, foi fixado o tempo de duas horas entre o início da aplicação e o início do sarrafeamento e posterior desempenho. As Figuras 20(a) e 20(b) ilustram aspecto de um prisma revestido com a argamassa de revestimento Industrializada 2, antes do sarrafeamento e após desempenho, respectivamente.

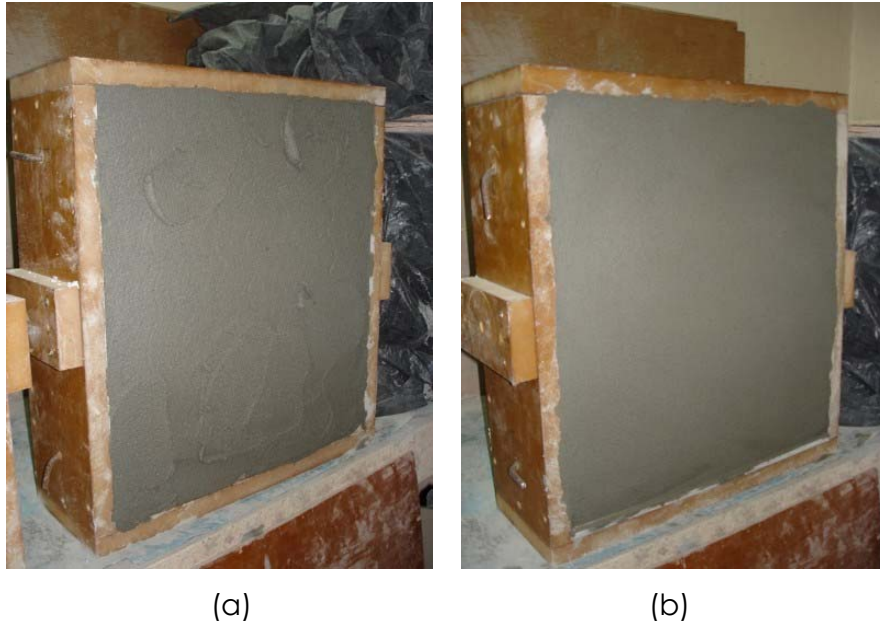


Figura 20: argamassa Industrializada 2 aplicada, (a) antes do sarrafeamento e (b) após o desempenho

Os prismas permaneciam na sala climatizada até a idade de 27 dias da argamassa de revestimento, quando eram removidos e preparados para o ensaio de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias.

#### 4.4 ENSAIOS REALIZADOS – VARIÁVEIS DE RESPOSTA

Os ensaios realizados neste programa experimental objetivaram a análise da resistência de aderência do sistema revestimento e a caracterização e controle dos materiais que o compõe. Os primeiros subdividem-se em mecânicos e microestruturais, e os segundos são classificados pelo tipo de material avaliado – concreto, argamassa de chapisco ou argamassa de revestimento – conforme ilustrado na Figura 21.



Figura 21: esquema dos ensaios realizados

#### 4.4.1 Método de Ensaio para Análise da Aderência – Resistência de Aderência à Tração

O ensaio para determinação da resistência de aderência à tração é descrito pela NBR 13528 (ABNT, 1995) para aplicação em revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. O objetivo do ensaio foi a determinação da resistência de

aderência do conjunto “camada de preparo + camada de revestimento” ao substrato de concreto.

Para a realização deste ensaio a norma determina que sejam ensaiados 6 corpos-de-prova, correspondentes a 6 pastilhas metálicas circulares de diâmetro 5cm, ou quadradas de lado 10cm, coladas à superfície do revestimento e arrancadas com equipamento de tração específico. A média das tensões máximas suportadas por cada corpo-de-prova quando submetidos aos esforços de tração aplicados pelo aparelho de arrancamento determinará a resistência de aderência do revestimento.

A resistência de aderência média deve ser calculada apenas com as resistências individuais dos corpos-de-prova que apresentarem mesma forma de ruptura. Também, entende-se que resistência de aderência é aquela que é apresentada pelas interfaces, e não pelo sistema. Assim, neste trabalho foi considerada a resistência à tração média do sistema, ou seja, considerando a resistência de ruptura de todos os corpos-de-prova.

Neste ensaio optou-se pela verificação de 12 corpos-de-prova por combinação/superfície, totalizando 72 arrancamentos ao dia.

O procedimento de ensaio compreendia três etapas: corte dos corpos-de-prova, colagem das pastilhas e verificação da tensão de ruptura. O corte dos corpos-de-prova era realizado aos 27 dias da argamassa de revestimento, sendo feito com serra copo diamantada de diâmetro 55mm acoplada a uma furadeira. O posicionamento dos furos na superfície do prisma era previamente marcado com um gabarito, garantindo espaçamento entre os corpos-de-prova e distanciamento dos bordos de, no mínimo, 5cm (Figura 22).

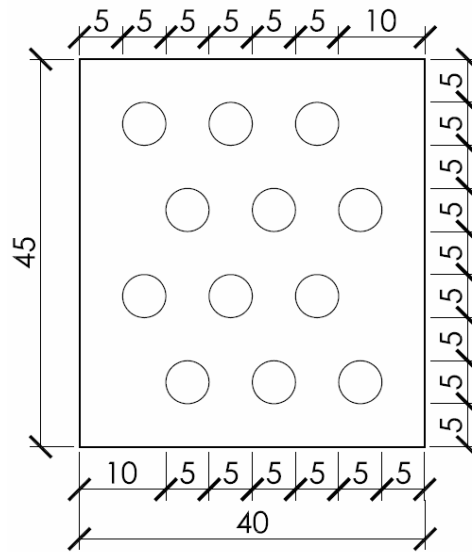


Figura 22: posicionamento dos furos nos prismas (dimensões em centímetros)

A profundidade ideal dos cortes era tal que permitia que se alcançasse o substrato. Para garantir a perpendicularidade da furadeira à superfície e impedir movimentações que pudessem exercer esforços de cisalhamento no revestimento, foi utilizado um suporte com níveis de altura e com o movimento da furadeira controlado por corrediças metálicas, conforme ilustrado na Figura 23.



Figura 23: corte dos corpos-de-prova

A colagem das pastilhas, também realizada no dia anterior à verificação da resistência de aderência, exigia a limpeza preliminar das superfícies, a fim de eliminar partículas soltas que pudessem interferir na aderência das pastilhas. A limpeza era feita com escova de cerdas macias e pano umedecido. Para a

colagem era utilizado adesivo plástico transparente a base de resina epóxi bi-componente, com secagem de 10 minutos. A Figura 24 ilustra a superfície de um prisma com as pastilhas coladas.



Figura 24: superfície do prisma preparada para a realização do ensaio

Para a verificação de resistência de aderência à tração, realizada aos 28 dias de idade da argamassa de revestimento, utilizou-se um aderímetro digital da marca Contenco, com velocidade de carga regulável e constante (sendo utilizado 5kgf/s), dispositivo de leitura de carga, registrada em kgf, e esforço de tração aplicado perpendicularmente à pastilha. Após a ruptura, anotava-se a carga, media-se dois diâmetros e três espessuras e era observada e anotada a forma de ruptura. Foi feita uma adaptação das formas de ruptura contempladas pela NBR 13528 (ABNT, 1995), já que esta não considera a camada de preparo e suas interfaces.

A Figura 25 apresenta um detalhe da realização do ensaio.





Figura 25: vista do acoplamento do aderímetro nas pastilhas para realização do ensaio

## 4.4.2 Métodos de ensaio para Caracterização e Controle dos Materiais

### 4.4.2.1 Concreto do Substrato

#### 4.4.2.1.1 Resistência à Compressão

Para o controle dos concretos produzidos para os substratos, foi realizado o ensaio para determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto, descrito pela NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1994).

Moldou-se 3 corpos-de-prova cilíndricos de diâmetro 10cm e altura 20cm em cada uma das 15 concretagens. Os corpos-de-prova foram rompidos em prensa hidráulica da marca Shimadzu, modelo UH2000KN, com capacidade de carga de 200 toneladas e velocidade de carregamento constante, sendo utilizada 0,3KN/s a uma escala de 100KN.



#### 4.4.2.1.2 Penetração de Água por Sucção Capilar

O ensaio de determinação da penetração de água por sucção capilar objetivou fornecer um parâmetro de controle do concreto do substrato quanto a sua porosidade e capacidade de absorção. Não possui referências normativas que descrevam sua metodologia, sendo este ensaio foi, portanto, baseado no método descrito em bibliografia, denominado Método KELHAM (KELHAM, 1988).

Para a realização do ensaio foi moldado um corpo-de-prova nas dimensões 10x10x20cm para cada dia de concretagem. Após a ruptura dos concretos à compressão, escolheu-se aqueles referentes aos concretos que apresentaram a maior e menor resistência e duas intermediárias, totalizando 8 corpos-de-prova de 4 diferentes concretagens. Destes, foram retiradas 2 fatias de 2,5cm das extremidades, posição esta para simular a absorção de água em uma superfície real de estrutura de concreto, que fica em contato com a fôrma durante a moldagem e exposta após a desmoldagem. Para que apenas esta superfície externa absorvesse a água por sucção capilar, é imprescindível que demais faces da amostra estivessem devidamente impermeabilizadas.

A preparação das amostras seguiu as seguintes etapas, após moldagem:

1. cura ao ar, nas fôrmas, de 24h;
2. cura em câmara úmida até a idade de 28 dias;
3. corte das 2 fatias e inserção destas em estufa a 100°C até atingirem constância de massa (variação de até 0,1% da massa entre pesagens com intervalo de 24h);
4. medida das dimensões (largura e espessura) dos corpos-de-prova;
5. impermeabilização das laterais de cada amostra com resina epóxi bi-componente;
6. fixação à face não ensaiada, com selante a base de poliuretano, da proteção com a saída de ar;

O ensaio foi realizado através da imersão das amostras e de sucessivas pesagens, mantendo-as submersas em água com o nível mantido constante, até que atingissem constância de massa. As pesagens eram feitas nos tempos de 2, 5, 10, 15

e 30 minutos e 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas ou mais, no caso de não atingida a constância de massa.

A Figura 26 ilustra realização do ensaio.



Figura 26: ensaio de sucção capilar em andamento

Com os valores obtidos nas pesagens fez-se gráficos, para cada corpo-de-prova, do ganho de massa em função da raiz quadrada do tempo, onde foi possível distinguir o ponto de saturação das amostras, a partir do qual o comportamento de absorção se distingue. Este ponto marca a interseção de duas retas, a primeira referente à absorção e a segunda à saturação, a partir de cujas equações calculou-se a taxa de absorção e a resistência capilar dos concretos. O quociente da inclinação da primeira reta pela área do corpo-de-prova representa a taxa de absorção, enquanto que a resistência capilar é dada pela Fórmula 2 (GJORV, 1994 apud MASUERO, 2001):

$$R = \left( \frac{T_{cap}}{e} \right)^2 \quad \text{(Fórmula 2)}$$

Onde  $R$  é a resistência capilar em  $h/m^2$ ,  $T_{cap}$  é a abcissa do ponto de saturação em  $h^{1/2}$  e  $e$  é a espessura do corpo-de-prova em metros.

#### 4.4.2.2 Argamassa de Chapisco

##### 4.4.2.2.1 Resistência à Tração na Flexão e à Compressão

A caracterização das argamassas de chapisco seguiu prescrições de algumas das normas de caracterização das argamassas para revestimento e assentamento de paredes e tetos: NBR 13276/05 – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, NBR 13279/05 – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Para realização do de resistência à tração na flexão e à compressão, a NBR 13279 (ABNT, 2005) determina que sejam moldados 3 corpos-de-prova prismáticos de dimensões 4x4x16cm. Cada corpo-de-prova deve ser rompido à flexão e, em seguida, cada metade resultante deve ser rompida à compressão, sendo obtidas as médias de 3 valores individuais de resistência à tração na flexão e 6 de compressão.

Neste programa experimental, a variabilidade esperada em função dos resultados obtidos nos ensaios preliminares levou à moldagem de 4 corpos-de-prova por tipo de argamassa de chapisco por dia. Além destes, destinados à caracterização e controle das argamassas de chapisco, outros 4 eram moldados e submetidos às condições de cura estabelecidas – ação do vento e temperatura – juntamente com os prismas onde a argamassa de chapisco estava aplicada. Estes corpos-de-prova, portanto, tinham sua cura inicial de três dias juntamente com os prismas, após eram colocados em sala climatizada, juntamente com os demais corpos-de-prova, até que completassem a idade de 28 dias.

Os corpos-de-prova tiveram cura em sala climatizada com condições controladas de temperatura a  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar a  $(60\pm 5)\%$  e foram ensaiados aos 28 dias, sendo para isto utilizada prensa hidráulica da marca Shimadzu, modelo UH2000KN, com capacidade de carga de 200 toneladas e velocidade de carregamento constante, sendo utilizada 0,1KN/s para ruptura à tração na flexão e 0,7KN/s para compressão, ambas a uma escala de 40KN.

As Figuras 27 (a) e 27 (b) ilustram as etapas de realização do ensaio.



Figura 27: ruptura dos corpos-de-prova (a) prismáticos 4x4x16cm à tração na flexão e (b) metade resultante da ruptura à tração na flexão submetida à compressão

#### 4.4.2.2.2 Absorção de Água

O ensaio para determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade foi realizado de acordo com as prescrições normativas da NBR 15259 (ABNT, 2005).

Como a conformação da argamassa de chapisco como camada de preparo não é a mesma que esta como corpo-de-prova, neste caso este ensaio visou obter um parâmetro de controle dos diferentes tipos de argamassa de chapisco.

A norma determina a moldagem de 3 corpos-de-prova prismáticos de dimensões 4cmx4cmx16cm e sua cura, até idade de 28 dias, em condições controladas de temperatura a  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar a  $(60\pm 5)\%$ . Foram moldados corpos-de-prova para um tipo de argamassa de chapisco a cada dia de aplicação.

As Figuras 28 (a) e 28 (b) ilustram as etapas de realização do ensaio.



Figura 28: aspecto dos corpos-de-prova devido à sucção capilar (a) aos 10 minutos e (b) aos 90 minutos

#### 4.4.2.3 Argamassa de Revestimento

##### 4.4.2.3.1 *Densidade de Massa no Estado Fresco e Teor de Ar Incorporado*

O ensaio para determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos tem como referência normativa a NBR 13278 (ABNT, 2005).

Nos primeiros dias de aplicação das argamassas de revestimento, a verificação da densidade no estado fresco foi realizada e repetida para cada tipo de argamassa de revestimento utilizada. Depois de constatada a baixa variação entre as repetições do ensaio, eliminou-se a repetição.

##### 4.4.2.3.2 *Retenção de Água no Estado Fresco*

O ensaio para determinação da retenção de água no estado fresco de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos tem como referência normativa a NBR 13277 (ABNT, 2005). Porém, pela indisponibilidade do equipamento descrito nesta atualização da norma, foi utilizada a versão do ano de 1995.

Os resultados obtidos neste ensaio podem ser diretamente associados e comparados com a capacidade de aderência das argamassas, já que a primeira é consequência da combinação da capacidade das argamassas de reter água e da capacidade do substrato de absorver esta água.

Para cada argamassa de revestimento a determinação da retenção de água foi realizada em dois dias de aplicação distintos.

#### *4.4.2.3.3 Resistência à Tração na Flexão e à Compressão*

O ensaio para determinação da resistência à tração na flexão e à compressão de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos tem como referência normativa a NBR 13279 (ABNT, 2005).

Foram moldados dois corpos-de-prova excedentes, dos 3 definidos por norma, para cada tipo de argamassa utilizada em todos os dias de aplicação. As condições de cura, idade, equipamento, escala e velocidade de carregamento utilizados no ensaio foram os mesmos das argamassas de chapisco, conforme descrito no item 5.4.2.2.1.

#### *4.4.2.3.4 Densidade de Massa no Estado Endurecido*

O ensaio para determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos tem como referência normativa a NBR 13280 (ABNT, 2005).

Para este ensaio a norma define a moldagem de 3 corpos-de-prova prismáticos de 4x4x16cm. Como este ensaio é não-destrutivo – os corpos-de-prova têm apenas suas dimensões e massa registradas – e as demais prescrições, como condições de cura e idade de ruptura, são idênticas às prescrições da norma de determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade, foram utilizados os mesmos corpos-de-prova. Para isto adotou-se o procedimento de, instantes antes do início do ensaio de absorção de água, registrar a altura em duas posições e os lados em duas posições em três deferentes alturas (inferior, média e superior) de cada corpo-de-prova.

#### 4.4.2.3.5 *Absorção de Água*

O ensaio para determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos tem como referência normativa a NBR 15259 (ABNT, 2005), que foi também utilizada para as argamassas de chapisco.

No caso das argamassas de revestimento, a validade da determinação da absorção está em relacionar esta à porosidade das argamassas de revestimento, propriedade que influencia diretamente na aderência do revestimento ao substrato. Além disto, a absorção de água nas argamassas de revestimento, comparada à absorção dos substratos, pode fornecer mais um parâmetro para análise da aderência.

Foram moldados, de acordo com as prescrições normativas, 3 corpos-de-prova para cada tipo de argamassa utilizada em cada dia de aplicação, sendo estes moldados juntamente, da mesma forma e tendo as mesmas condições de cura dos corpos-de-prova para o ensaio de determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (NBR 13279/05).

#### 4.4.2.3.6 *Módulo de Deformação Dinâmico*

O ensaio para determinação do módulo de deformação dinâmico das argamassas de revestimento não possui referências normativas. Sua realização, portanto, foi baseada em estudos já realizados (KHALAF *et al.*, 1992; BASTOS, 2003; SILVA e CAMPITELI, 2006).

O objetivo do ensaio é a caracterização dos diferentes tipos de argamassa de revestimento utilizados através do seu comportamento elástico, pela determinação de sua capacidade de absorver deformações, sendo estas, neste caso, instantâneas e muito pequenas. A importância desta determinação está na associação indireta com a capacidade de aderência da argamassa de revestimento, já que, argamassas com alto módulo de deformação, ao sofrerem o fenômeno da retração estando fixas a um substrato, reagem às deformações através da formação de fissuras e da ocorrência de descolamento.

O procedimento de ensaio iniciava com a moldagem de corpos-de-prova cilíndricos de 95mm de diâmetro e h=25mm em fôrmas de PVC, tendo estes cura de 28 dias em sala climatizada nas condições de  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  de temperatura e  $(60\pm 5)\%$  de umidade relativa do ar. Optou-se pela determinação do módulo de elasticidade dinâmico pelo método de emissão de pulsos ultra-sônicos, o qual consistia na determinação da velocidade de propagação da onda através da altura do corpo-de-prova da argamassa, baseada na NBR 8802 – Concreto Endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica (ABNT, 1994).

O aparelho utilizado para a determinação da velocidade de propagação da onda ultra-sônica foi do tipo PUNDIT (*Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester*), disposto de um transdutor emissor do pulso elétrico e outro receptor que, estando ambos em contato com o corpo de prova permitem a passagem da onda, que tem seu tempo de propagação registrado em  $\mu\text{s}$ . A distância entre os dois transdutores, correspondente a altura do corpo-de-prova, dividida pelo tempo de propagação, fornece a velocidade de propagação.

Obtida a velocidade, esta é utilizada para o cálculo do módulo de elasticidade dinâmico, através de fórmula apresentada pela norma britânica BS 1881/Part 209 (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1990) conforme segue:

$$E_d = \frac{\rho V^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Onde  $E_d$  corresponde ao módulo de deformação dinâmico, em MPa,  $\rho$  a densidade do corpo-de-prova, em  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $V$  a velocidade do pulso, em  $\text{km}/\text{s}$  e  $\nu$  ao Coeficiente de Poisson. Khalaf *et al.* (1992) apresentam em seu estudo este coeficiente variando de 0,21 a 0,33 para argamassa a base de cimento, areia e cal, enquanto que Carneiro (1999) aponta que o valor para argamassas pode variar de 0,10 a 0,20, tendo escolhido em seu estudo o valor de 0,20 para argamassas com areia britada. Frente aos valores já utilizados, adotou-se o valor de 0,20 neste programa experimental.

Fez-se a moldagem de 2 corpos-prova para cada argamassa de revestimento em 3 dias em que as três argamassas foram utilizadas (preparadas com argamassadeira)



e em 3 dias em que apenas uma foi utilizada (preparadas em betoneira de eixo inclinado), resultando em quatro determinações de módulo para cada tipo de argamassa de revestimento.

#### 4.4.3 Resumo dos Ensaio

A Tabela 17 apresenta um resumo de todos os ensaios realizados, com as respectivas quantificações e dimensões dos corpos-de-prova.

Tabela 17: resumo dos ensaios realizados

Tipo Ensaio		Ensaio	Total Cps	Cps por Bloco/dia	Cps por comb. ou variável	Dimensão do Cp (cm)	
Para Análise da Aderência	Mecânicos	Resistência de Aderência à Tração	1080	72	12	φ5	
Para Caracterização e Controle dos Materiais	Concreto	Resistência à Compressão	45	3	-----	φ10 h20	
		Absortividade	8	2	-----	10x10x2,5	
	Chapisco	Resistência à Tração na Flexão e à Compressão	212	8, 12, 24 ou 36	4, 8 ou 12	4x4x16	
		Absorção de Água	45	3	3	4x4x16	
	Argamassa	Estado Fresco	Densidade	33	1 ou 3	1	φ8 h8,5
			Retenção de Água	6	-----	2	φ9,5 h2,5
		Estado Endurecido	Resistência à Tração na Flexão e à Compressão	198	6 ou 18	6	4x4x16
			Densidade	72*	3 ou 9*	3*	4x4x16
			Absorção de Água	99	3 ou 9	3	4x4x16
			Módulo de Deformação Dinâmico	24	2 ou 6	2	φ9,5 h2,5

\* ensaio realizado nos mesmos corpos-de-prova moldados para ensaio de absorção de água

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos ensaios realizados, correspondentes às variáveis de resposta do programa experimental. Inicialmente os resultados serão apresentados individualmente, divididos em grupos de mesmo material (concreto, argamassa de chapisco e argamassa de revestimento), depois comparados dentro de um mesmo grupo e, por fim, associados aos resultados dos ensaios de aderência do sistema revestimento. A análise dos resultados será feita com base em elementos gráficos e estatísticos.

### 5.1 CONCRETO DO SUBSTRATO

#### 5.1.1 Resistência à Compressão

A resistência à compressão dos concretos moldados para o substrato foi obtida a partir da média das três resistências individuais dos corpos-de-prova, rompidos aos 28 dias. A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos. No apêndice A da versão digital, são apresentados todos os valores das resistências individuais dos corpos-de-prova, bem como abatimento correspondente.

Tabela 18: resistências médias dos corpos-de-prova de concreto

Dia	Resistência Média (MPa)	Desvio (MPa)	C. V. (%)	Dia	Resistência Média (MPa)	Desvio (MPa)	C. V. (%)	Dia	Resistência Média (MPa)	Desvio (MPa)	C. V. (%)
1	<b>37,1</b>	0,36	0,96	6	<b>39,6</b>	2,00	5,06	11	<b>37,9</b>	1,04	2,74
2	<b>37,8</b>	2,28	6,04	7	<b>32,6</b>	1,45	4,46	12	<b>34,4</b>	1,64	4,78
3	<b>41,0</b>	1,06	2,58	8	<b>35,3</b>	1,38	3,90	13	<b>36,2</b>	0,53	1,47
4	<b>37,2</b>	0,92	2,47	9	<b>35,2</b>	0,71	2,02	14	<b>34,9</b>	1,32	3,78
5	<b>40,0</b>	0,76	1,91	10	<b>37,1</b>	1,09	2,93	15	<b>36,6</b>	0,85	2,33

A Figura 29 apresenta a resistência média e a consistência correspondente obtida na moldagem dos concretos em função dos diferentes dias de concretagem.

Apresenta também demarcação das faixas de resistência utilizadas, 28MPa (resistência característica) e 37MPa (resistência de dosagem).

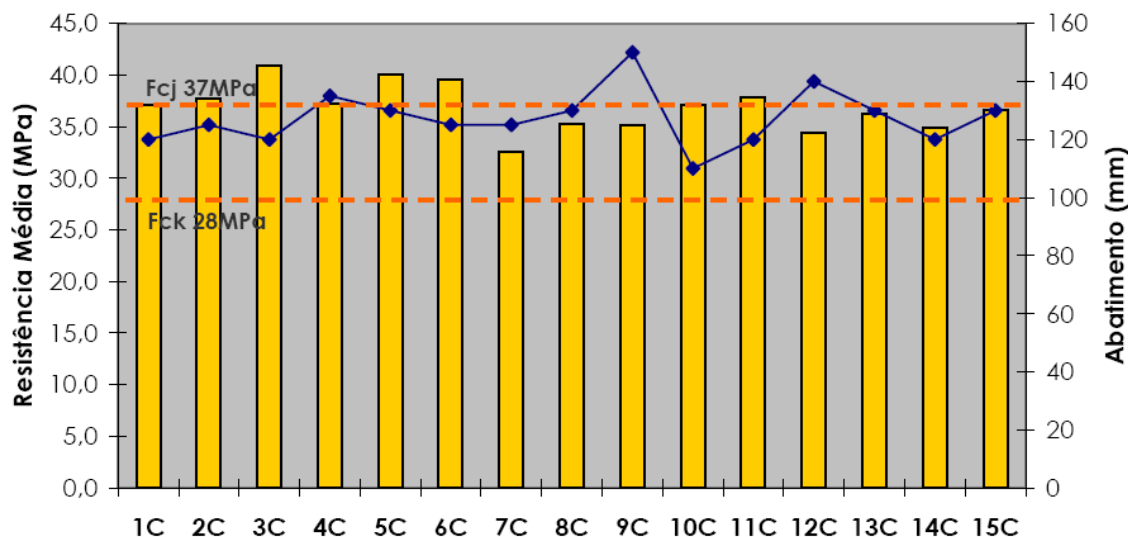


Figura 29: resistência média à compressão dos corpos-de-prova do concreto moldado para o substrato

Pode-se observar na Figura 29 que em todas as concretagens a resistência de projeto foi atingida. Quanto o abatimento correspondente a cada dia de concretagem foi verificado, dentro da variabilidade do ensaio, uma relação deste com as resistências médias obtidas, sendo estas maiores quanto menores forem os valores de abatimento.

A variabilidade apresentada, assim como na consistência das argamassas, pode ser creditada em função das sucessivas concretagens terem ocorrido em um ambiente cujas condições de temperatura e umidade não eram controladas e em um período que prolongou-se por um ano, estando suscetíveis, portanto, a condições ambientais bastante variadas.

### 5.1.2 Penetração de Água por Sucção Capilar – Absortividade

O ensaio de penetração de água por sucção capilar foi realizado com amostra de apenas quatro concretagens. Para verificar a influência da resistência à compressão na absorção e contemplar a variação de resistência dos concretos, optou-se por utilizar os corpos-de-prova das concretagens que apresentaram a

maior (41MPa) menor (32,6MPa) resistência à compressão média, bem como duas intermediárias (39,5MPa e 37,2MPa) a elas.

A Tabela 19 e as Figuras 30 e 31 apresentam a taxa de absorção e a resistência capilar. Os gráficos individuais do acréscimo de massa em função da raiz quadrada do tempo de imersão de cada amostra utilizada podem ser vistos no apêndice B (versão digital).

Tabela 19: taxa de absorção e a resistência capilar das amostras referentes aos concretos dos substratos

CP	Taxa de Absorção			Resistência Capilar			Resist. à Compress. (MPa)
	S (g/cm <sup>2</sup> .h <sup>1/2</sup> )	média	C.V. (%)	M (h/m <sup>2</sup> )	média	C.V. (%)	
3C-A	0,090	0,096	7,79	23954,0653	20424,1798	24,44	41,0
3C-B	0,101			16894,2943			
4C-A	0,079	-	-	24630,5821	-	-	37,2
6C-A	0,097	0,092	8,46	25855,5016	25240,4581	3,45	39,5
6C-B	0,086			24625,4147			
7C-A	0,098	0,105	9,10	25614,2877	23358,6078	13,66	32,6
7C-B	0,112			21102,9279			

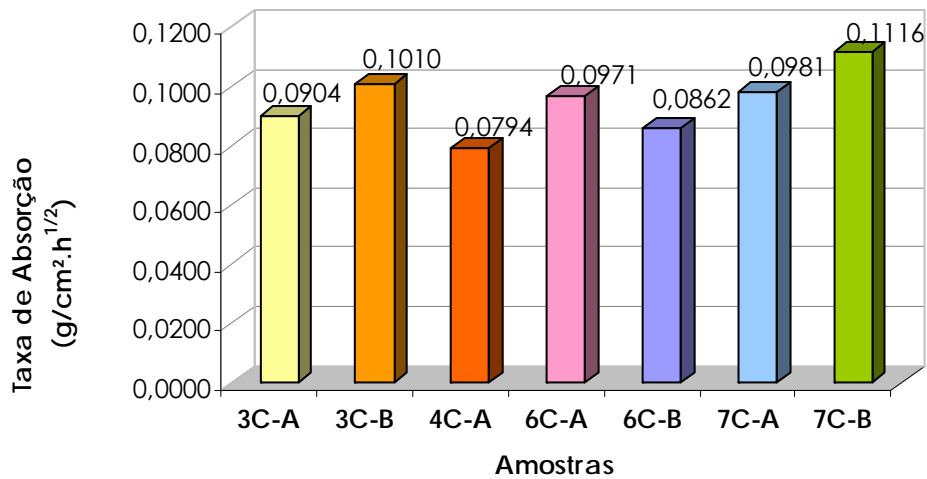


Figura 30: taxa de absorção individual das amostras

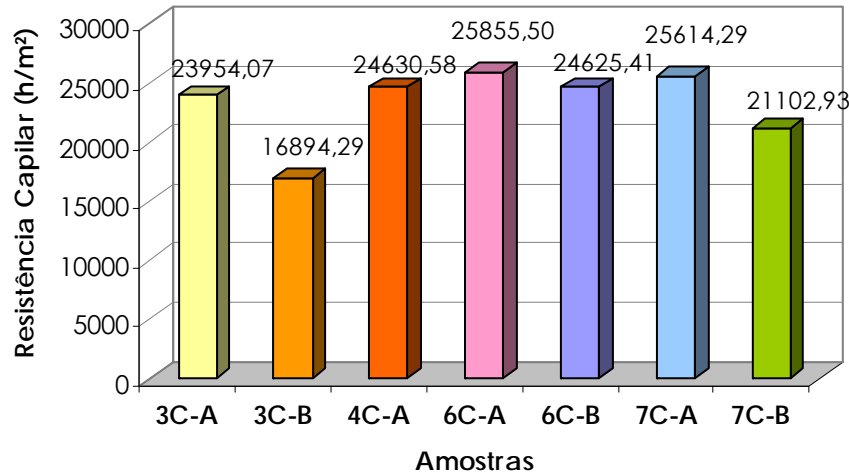


Figura 31: resistência capilar individual das amostras

Os resultados demonstram que tanto a taxa de absorção quanto a resistência capilar apresentam variação, porém esta variação, segundo análise estatística de variância (ANOVA), não é significativa, conforme apresentado na Tabela 20 e na Tabela 21. Os valores obtidos caracterizam o concreto do substrato como sendo de baixa taxa de absorção e alta resistência capilar, se comparados com resultados encontrados por outros pesquisadores. Gonçalves (2000), por exemplo, utilizando adição de resíduo de corte de granito com função de fíler, encontrou para concretos de resistência à compressão de 35,4MPa (relação água/cimento 0,40 e 10% de adição sobre a massa de cimento) e 35,8MPa (mesma relação água/cimento e 20% de adição) resistências capilares de 15493,46h/m<sup>2</sup> e 22896,84h/m<sup>2</sup>, respectivamente. Kirchheim (2003) encontrou para concretos de 43,45MPa e 33,84MPa de resistência à compressão média, resistências capilares de 14652,163h/m<sup>2</sup> e 14218,964h/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Tabela 20: análise de variância (ANOVA) do efeito das diferentes amostras na taxa de absorção dos concretos

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-P	Significância
Dia de preparo	3	0,000232	3,580977	0,1613223	NS
Tipo de Amostra	1	2,45E-05	0,377892	0,5822150	NS
ERRO	3	6,48E-05	-		-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

Tabela 21: análise de variância (ANOVA) do efeito das diferentes amostras na resistência capilar dos concretos

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-P	Significância
Dia de preparo	3	9172076	1,790369	0,3221192	NS
Tipo de Amostra	1	20483897	3,998411	0,1393796	NS
ERRO	3	5123009	-		-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

## 5.2 ARGAMASSA DE CHAPISCO

A apresentação e análise dos resultados dos ensaios de caracterização e controle das argamassas de chapisco abrangerá apenas os três tipos de argamassa estudados sem compará-los com outros estudos realizados. Isto porque são poucos os trabalhos encontrados que avaliam especificamente a argamassa de chapisco, como o de Candia (1998) e Silva (2004), e mesmo estes não apresentam ensaios de caracterização.

### 5.2.1 Resistência à Tração na Flexão

O ensaio da determinação da resistência à tração na flexão e à compressão das argamassas de chapisco teve a finalidade não apenas de caracterizar e ter o controle da qualidade do material, como também verificar a influência da variação das condições de ventilação e temperatura nos três primeiros dias de cura dos corpos-de-prova. Desta forma, obtidos os resultados, verificou-se a relação percentual dos resultados dos corpos-de-prova classificados como referência (cura sob condições definidas pela NBR 13279/05) com os demais.

Primeiramente são apresentados e analisados os resultados de resistência à tração na flexão, com as Tabela 22 (resultados médios obtidos por dia de moldagem de cada tipo de argamassa de chapisco) e 23 (análise estatística) e as Figuras 32 (valores médios, mínimos e máximos unindo os valores de todos os dias de moldagem) e 33 a 36 (análise estatística). Os resultados individuais de cada corpo-de-prova são apresentados no apêndice C (versão digital).

Tabela 22: resistência média (4 corpos-de-prova) à tração na flexão das argamassas de chapisco

Tipo		Tração na Flexão														
		A			B			B/A (%)	C			C/A (%)	D			D/A (%)
		Referência (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	23°C VENTO (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)		40°C (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)		40°C VENTO (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	
Convencional	1,61	0,15	9,4	0,90	0,13	14,3	56,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,80	0,15	8,1	1,41	0,16	11,6	77,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,61	0,18	11,0	1,14	0,12	10,8	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,02	0,17	8,4	1,18	0,19	15,6	58,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,18	0,15	13,1	1,41	0,08	5,3	118,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,10	0,17	15,0	-	-	-	-	0,95	0,13	13,6	86,2	0,69	0,06	8,5	62,8	-
	1,69	0,20	11,8	-	-	-	-	0,87	0,18	20,5	51,4	0,81	0,14	17,6	48,2	-
	1,69	0,20	11,8	-	-	-	-	1,16	0,05	4,7	68,5	1,05	0,22	20,7	62,5	-
Industrializado 1	3,81	0,22	5,8	3,40	0,22	6,5	89,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,67	0,23	6,3	3,25	0,07	2,2	88,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,32	0,15	4,4	3,12	0,16	5,0	94,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,95	0,14	7,3	1,99	0,20	9,9	102,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,13	0,05	4,8	-	-	-	-	0,95	0,05	5,7	84,7	1,25	0,20	15,6	111,1	-
	1,49	0,14	9,4	-	-	-	-	1,27	0,12	9,8	85,0	1,22	0,10	8,3	81,9	-
	3,59	0,20	5,4	-	-	-	-	2,91	0,20	6,8	80,9	2,30	0,00	0,0	63,9	-
Industrializado 2	3,98	0,21	5,4	3,63	0,03	0,9	91,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,14	0,40	9,8	5,81	0,00	0,0	140,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,52	0,10	2,2	3,73	0,23	6,2	82,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,83	0,07	1,9	3,47	0,13	3,8	90,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,77	0,13	4,8	-	-	-	-	2,45	0,14	5,7	88,6	2,63	0,17	6,4	94,9	-
	4,19	0,15	3,6	-	-	-	-	3,67	0,19	5,3	87,6	2,44	0,00	0,0	58,2	-
	6,77	0,03	0,5	-	-	-	-	5,81	0,25	4,3	85,8	5,25	0,07	1,3	77,5	-

Preparo em argamassadeira      Preparo em betoneira

A Tabela 18 aponta uma grande variabilidade nos resultados obtidos, primeiramente, em grupos de mesma argamassa de chapisco e mesma condição de cura como, por exemplo, demonstram os valores de referência da argamassa de chapisco Industrializado 1, que variam de 1,13MPa a 3,81MPa, ou do Industrializado 2, variando de 2,77MPa a 6,77MPa. Também, não há uma regularidade entre as variações de resistência entre as argamassas de chapisco de referência e suas correspondentes curadas sob diferentes condições, ou seja, ora o valor de resistência à tração na flexão de uma argamassa curada sob a ação do vento apresenta aproximadamente a metade do valor de referência, ora o primeiro supera o segundo. Para a ação da

temperatura elevada e da ação combinada do vento e temperatura, este comportamento, em alguns casos, se repete.

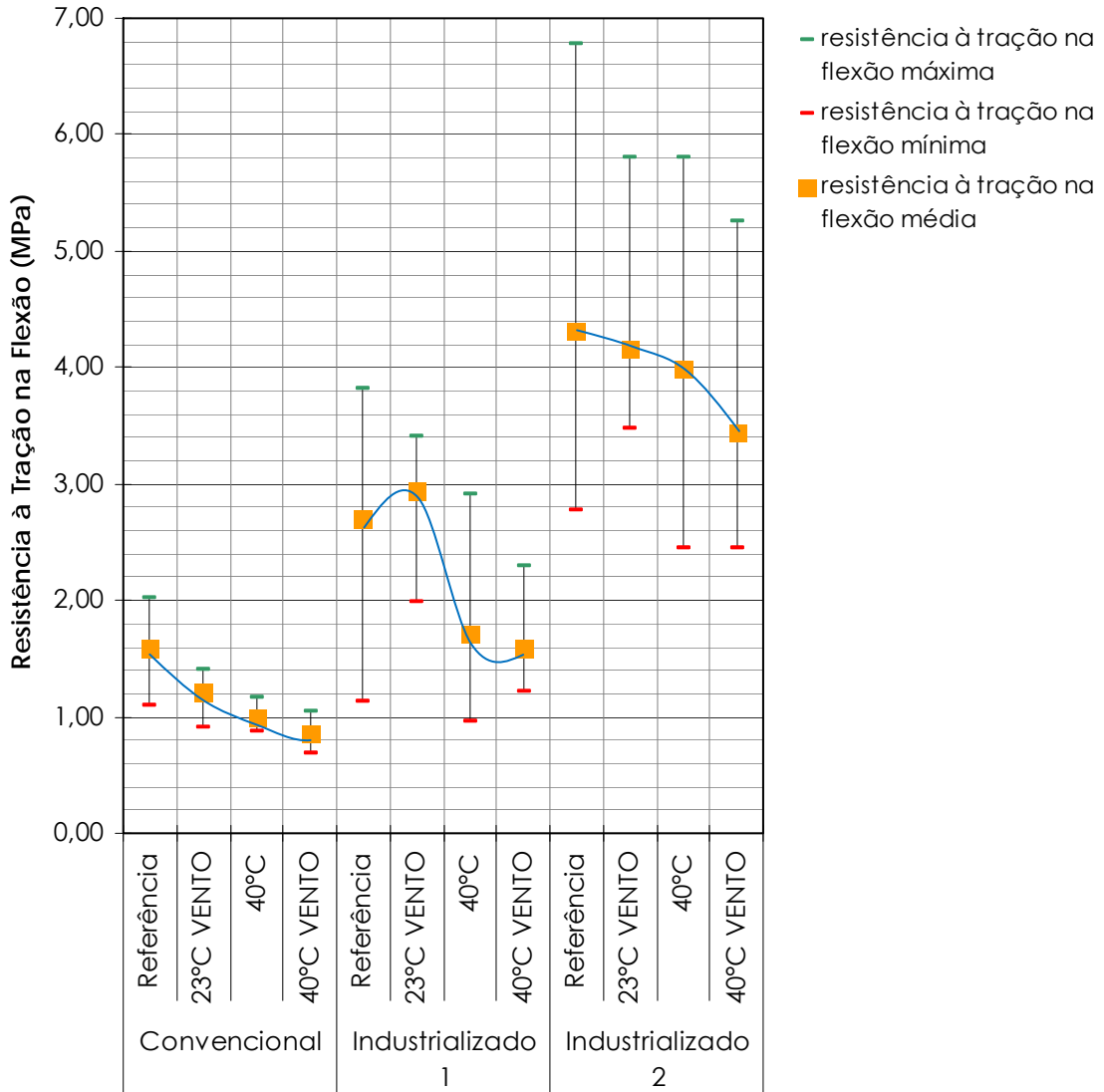


Figura 32: valores médios, máximos e mínimos de resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco por argamassa e condição de cura

Observando a Figura 32 pode-se verificar que, de uma forma geral, as argamassas de chapisco industrializadas apresentaram valores superiores à Convencional, sendo que o Industrializado 2 apresentou os mais altos valores e a maior variação entre os valores mínimos. Foi verificada também uma tendência de redução dos valores de resistência à tração na flexão (com exceção dos valores mínimos) conforme as condições de cura foram se tornando mais severas, o que era esperado. Porém este decréscimo não apresentou o mesmo comportamento para



as três argamassas. Quanto aos desvios, pode ser observado que a argamassa de chapisco Convencional foi a que apresentou menor variação entre os valores de resistência de aderência à tração.

Para verificar a real influência das condições de cura na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, foi realizada análise estatística de variância (ANOVA), que considerou como variáveis independentes não só o tipo de argamassa e as condições de cura, como o modo de preparo, se argamassadeira ou betoneira de eixo inclinado. Os resultados estão apresentados na Tabela 23. As Figuras 33 a 36 apresentam os efeitos significativos.

Tabela 23: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco, do modo de preparo, da ação do vento, da ação da temperatura e interação das variáveis na resistência à tração na flexão

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-p	Significância
Tipo de Chapisco	2	34,69904	67,56022	6,52E-13	<b>S</b>
Ação do Vento	1	0,65134	1,268181	0,26756	NS
Ação do Calor	1	2,658469	5,176131	0,028955	<b>S</b>
Modo de preparo	1	6,410277	12,48103	0,001148	<b>S</b>
Chapisco x Preparo	2	1,397982	2,72192	0,07928	NS
Chapisco x Vento	2	0,106231	0,206835	0,814114	NS
Preparo x Vento	1	1,339091	2,607257	0,115108	NS
Chapisco x Calor	2	0,609401	1,186525	0,316936	NS
Preparo x Calor	1	6,010949	11,70352	0,001568	<b>S</b>
Vento x Calor	1	0,050885	0,009908	0,75476	NS
Chap x Prep x Vento	2	0,383671	0,747021	0,480977	NS
Chap x Prep x Calor	2	1,398942	2,723788	0,079152	NS
Chap x Vento x Calor	2	0,10648	0,207321	0,813723	NS
Prep x Vento x Calor	1	0,567186	1,10433	0,300321	NS
Chap x Prep x Vento x Calor	2	0,374355	0,728883	0,489431	NS
ERRO	36	0,513602	-	-	-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

A Figura 33 apresenta o efeito isolado do tipo da argamassa de chapisco na resistência à tração na flexão, demonstrando que, agora de forma estatisticamente significativa, a argamassa de chapisco Industrializado 1 apresenta a maior resistência, seguido do Industrializado 1 e Convencional. A justificativa deste comportamento poderia estar na relação água/materiais secos, porém esta relação é bastante semelhante (0,21l/kg para o Convencional, 0,20l/kg para o

Industrializado 1 e 0,21l/kg para o Industrializado 2). Assim, pode-se atribuir a maior resistência ao teor de cimento utilizado, não conhecido, e aos aditivos. Destes últimos, se poderia citar um possível efeito do incorporador de ar, que compensaria este mais alto teor de cimento com o maior rendimento proporcionado, sem comprometer a resistência. Também, se poderia atribuir a maior resistência à maior retenção de água das argamassas de chapisco industrializadas, minimizando a exsudação e evaporação e garantindo, assim, uma completa hidratação do cimento. Ainda, a maior resistência pode ser justificada pela presença de polímeros com propriedades adesivas nas argamassas de chapisco industrializadas, assim como os utilizados nas argamassas colantes.

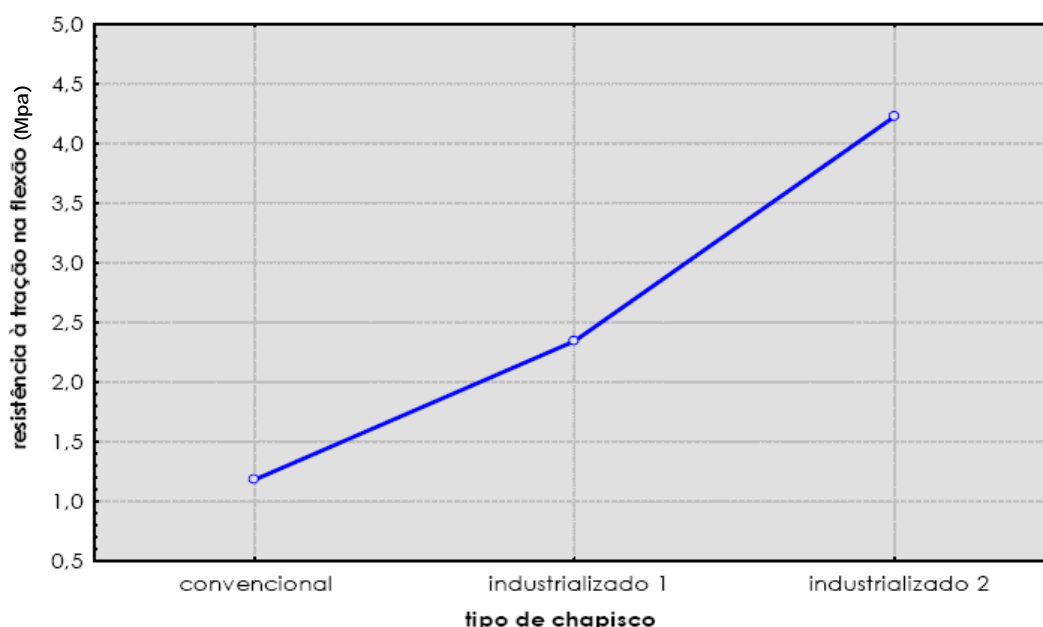


Figura 33: influência do tipo de argamassa de chapisco na resistência à tração na flexão

A Figura 34 apresenta a ação da temperatura elevada nos três primeiros dias de cura da argamassa de chapisco, que ocasionou a queda da resistência à tração na flexão de forma significativa. Este comportamento é coerente com os efeitos da temperatura elevada citados por diversos autores, podendo ser estes efeitos a formação de produtos de hidratação mais fracos em função da aceleração do processo pelo calor (NEVILLE, 1997; ISEHARD, 2000) ou a hidratação incompleta, mantendo-se grãos anidros, em função da insuficiência de água em função da evaporação ocasionada pelo calor (LION *et al.*, 2005).

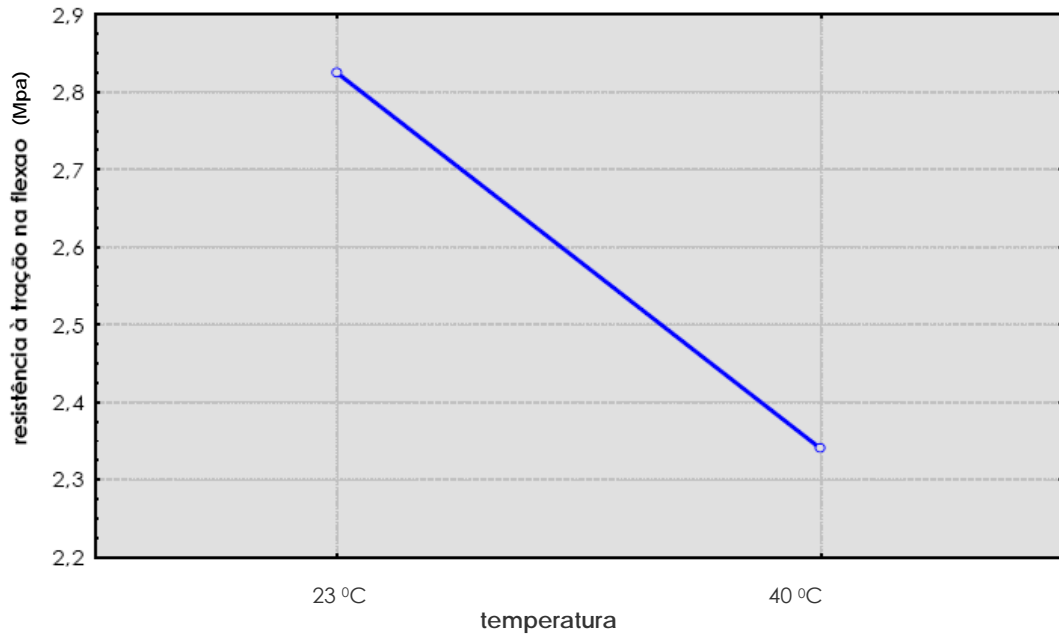


Figura 34: influência da ação do calor na resistência à tração na flexão

Os diferentes modos de preparo, conforme demonstrado na Figura 35, exerceram influência significativa na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, sendo aquelas preparadas com argamassadeira as que apresentaram os menores valores. Este comportamento contrariou o esperado, primeiramente pelo preparo em argamassadeira ter seguido indicações normativas (NBR 13276/05), o que caracterizaria uma situação ideal quanto à homogeneidade da mistura, proporcionando melhores resultados.

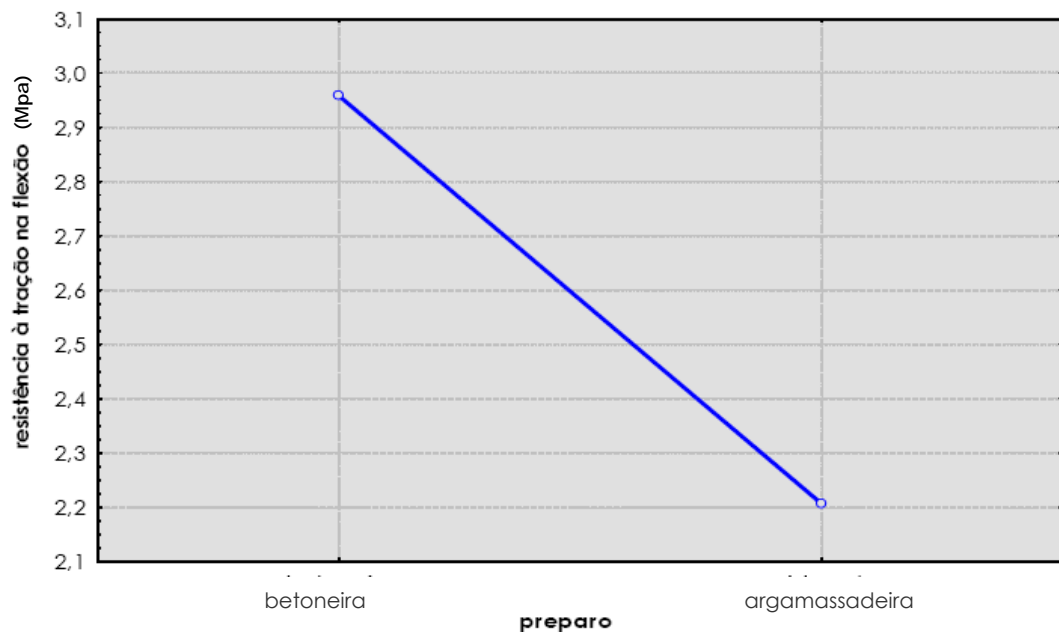


Figura 35: influência do modo de preparo na resistência à tração na flexão

Em função da queda de resistência com o preparo em argamassadeira, optou-se por verificar o teor de ar incorporado resultante de cada mistura, ensaio não previsto inicialmente. O ensaio foi realizado pelo método pressiométrico, a partir da NBR13278/95. A argamassa de chapisco Convencional não apresentou ar incorporado, a Industrializada 1 apresentou 5,8% quando preparada na betoneira e 5,54% na argamassadeira, e a Industrializada 2 apresentou 3,9% e 14,0%, respectivamente. A partir do acréscimo de incorporação de ar desta última preparada na argamassadeira, verifica-se, portanto, uma coerência nos resultados obtidos na tração na flexão, já que aumentando-se os vazios, reduz-se a resistência.

A interação entre o modo de preparo e a ação da temperatura também se apresentou significativa (Figura 36). Para as argamassas de chapisco preparadas em betoneira houve um acréscimo de resistência de aproximadamente 0,3MPa quando a cura foi realizada a 40°C. De forma contrária, as argamassas de chapisco preparadas em argamassadeira não só tiveram sua resistência à tração na flexão reduzidas na cura a 40°C, como a variação foi quatro vezes maior (1,2MPa). Acredita-se que esta diferença de comportamento frente os diferentes modos de preparo – que demonstra as argamassas de chapisco preparadas em argamassadeira estão mais suscetíveis à ação da temperatura – seja consequência de uma maior incorporação de ar durante o preparo. A incorporação de ar, em si, acarreta a redução da resistência, o que é potencializado ao combinar-se com o efeito do calor, que pode ter restringido a formação dos produtos de hidratação do cimento pela evaporação acelerada da água ou ter ocasionado a formação de produtos mais fracos pela aceleração do processo. No caso do preparo em betoneira, embora o calor possa ter também influenciado a reação de hidratação, acredita-se que, em função do acréscimo de resistência, esta influência tenha sido a eliminação da água em excesso, ou seja, aquela não utilizada para a reação de hidratação e responsável pela conformação de vazios na argamassa de chapisco.

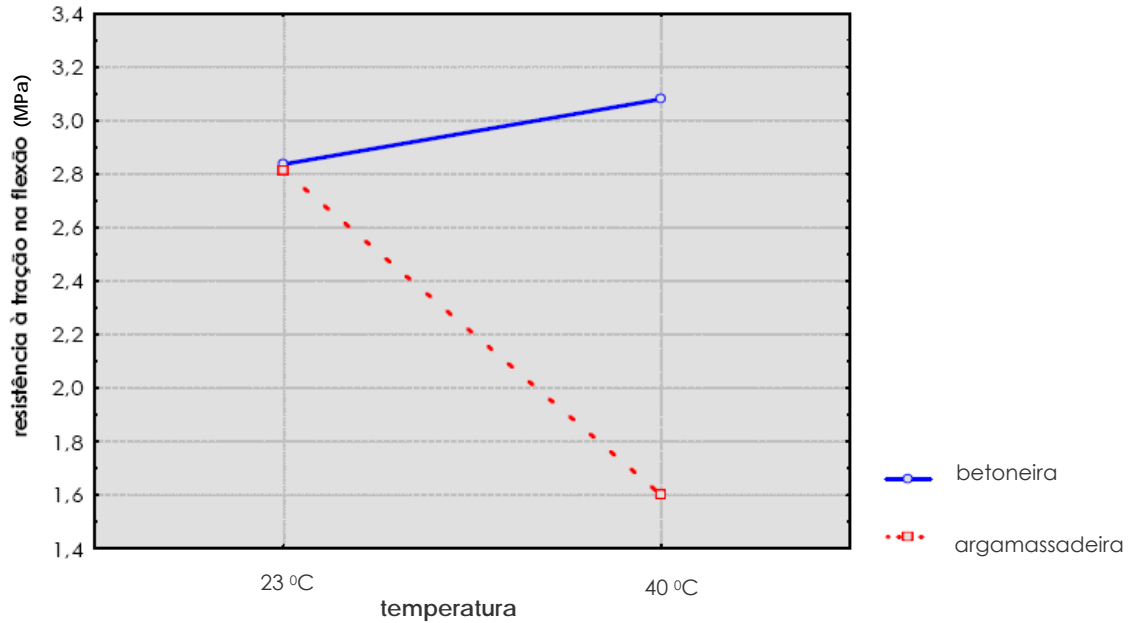


Figura 36: interação dos efeitos do modo de preparo e da temperatura na resistência à tração na flexão

## 5.2.2 Resistência à Compressão

Os resultados obtidos no ensaio de compressão dos corpos-de-prova de argamassa de chapisco são apresentados na Tabela 24 (resultados médios obtidos por dia de moldagem de cada tipo de argamassa de chapisco) e 25 (análise estatística) e nas Figuras 37 (valores médios, mínimos e máximos unindo os valores de todos os dias de moldagem) e 38 a 40 (análise estatística). Os resultados individuais de cada corpo-de-prova são apresentados no apêndice D (versão digital).

Tabela 24: resistência média (4 corpos-de-prova) à compressão das argamassas de chapisco

Tipo		Compressão															
		A			B			B/A (%)	C			C/A (%)	D			D/A (%)	
		Referência (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	23°C VENTO (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)		40°C (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)		40°C VENTO (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)		
Convencional	4,28	0,12	2,7	2,28	0,24	10,7	53,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6,14	0,13	2,1	4,38	0,38	8,6	71,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5,60	0,27	4,8	3,53	0,20	5,8	63,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6,23	1,57	25,2	3,39	0,47	13,7	54,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3,19	0,18	5,5	3,24	0,15	4,6	101,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3,98	0,29	7,2	-	-	-	-	2,71	0,23	8,6	68,1	2,18	0,19	8,7	54,9	-	-
	5,71	0,14	2,5	-	-	-	-	3,35	0,23	6,8	58,6	2,55	0,24	9,3	44,6	-	-
	4,98	0,32	6,37	-	-	-	-	3,45	0,27	7,8	69,3	3,35	0,27	7,9	67,3	-	-
Industrializado 1	14,1	0,40	2,8	9,06	0,37	4,1	64,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12,5	0,40	3,2	9,61	0,30	3,1	76,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7,86	0,46	5,9	7,28	0,40	5,5	92,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3,77	0,35	9,3	3,30	0,25	7,5	87,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2,26	0,23	10,0	-	-	-	-	2,61	0,32	12,2	115,2	2,96	0,27	9,2	130,9	-	-
	3,45	0,22	6,5	-	-	-	-	3,16	0,25	8,0	91,7	3,24	0,24	7,4	93,9	-	-
	8,62	0,22	2,5	-	-	-	-	7,17	0,18	2,5	83,2	5,58	0,32	5,7	64,7	-	-
Industrializado 2	10,9	0,24	2,2	10,6	0,09	0,9	97,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13,2	0,44	3,3	11,5	0,27	2,4	87,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11,1	0,30	2,7	11,8	0,23	1,9	106,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8,34	0,36	4,3	7,49	0,42	5,6	89,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7,38	0,23	3,1	-	-	-	-	7,40	0,13	1,8	100,3	5,23	0,29	5,4	71,0	-	-
	9,24	0,10	1,1	-	-	-	-	8,47	0,31	3,6	91,7	6,55	0,10	1,5	70,9	-	-
	15,2	0,33	2,2	-	-	-	-	13,9	0,32	2,3	91,8	12,1	0,31	2,56	79,3	-	-

Preparo em argamassadeira      Preparo em betoneira

Da mesma forma que a resistência à tração na flexão, a resistência à compressão apresentou uma grande variabilidade de resultados. Esta variabilidade é caracterizada, principalmente, pelos valores médios obtidos para uma mesma argamassa e uma mesma condição de cura, independente do modo de preparo. Esta variação foi calculada, no caso dos valores de referência, em até 3,04, 11,84 e 5,82MPa para as argamassas de chapisco Convencional, Industrializado 1 e Industrializado 2, respectivamente.

Para a argamassa de chapisco convencional, por exemplo, as médias das resistência de corpos-de-prova curados ao vento nos diferentes dias de ensaio, tanto ficaram

aproximadamente 50% menores que a média de referência, como quase se igualaram a esta. A mesma situação pode ser verificada no Industrializado 2, nas relações entre os valores dos corpos-de-prova que sofreram ação da temperatura elevada e do vento e os valores de referência. Neste caso, é observada uma variação de 64,7% a 130,9%. A maior regularidade das relações percentuais corresponde à argamassa de chapisco Industrializado 2. Não é possível afirmar a real causa desta grande variabilidade, porém acredita-se que esta seja resultado de variáveis não controladas, como temperatura e umidade relativa do ar no local de preparo, embora imediatamente após a moldagem os corpos-de-prova fossem levados para sala climatizada. Em função de seus aditivos, a argamassa de chapisco Industrializado 2 seria menos sensível a estas variáveis, assim como ocorrido na consistência, onde esta apresentou a maior regularidade entre os diferentes dias de preparo.

A variabilidade pode ser justificada, também, pelo processo de moldagem dos corpos-de-prova. Este prevê a moldagem em camadas compactadas na mesa de consistência, sendo que após cada compactação é visível a exsudação de água. Assim, cria-se uma camada intermediária com relação água/cimento bastante elevada, conformando uma zona frágil no corpo-de-prova. Sendo assim, e considerando que todo o ensaio seguiu procedimentos normativos, a variabilidade apresentada evidencia a necessidade de uma revisão nos procedimentos de ensaio das normas referentes às argamassas de revestimento.

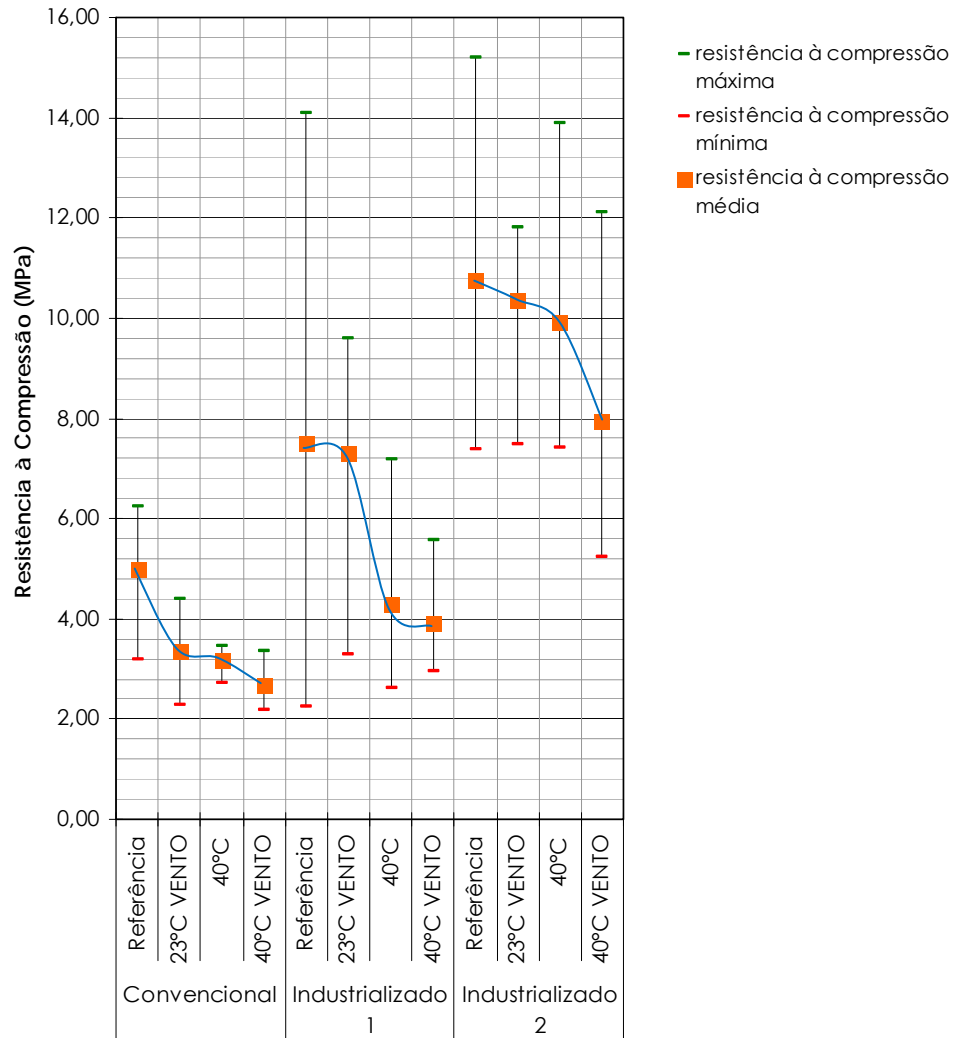


Figura 37: valores médios, máximos e mínimos de resistência à compressão das argamassas de chapisco por argamassa e condição de cura

Analisando, através da Figura 37, primeiramente as médias gerais das resistências à compressão de cada argamassa para cada condição de cura, observa-se que estas, em todas as argamassas, apresentam um decréscimo de resistência conforme se tornam mais severas as condições de cura, embora este não seja um comportamento linear.

Foi também realizada análise estatística de variância (ANOVA), a qual considerou como variáveis independentes o tipo de argamassa de chapisco, as condições de cura e o modo de preparo. Os resultados são apresentados na Tabela 21.



Tabela 25: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco, do modo de preparo, da ação do vento, da ação da temperatura e interação das variáveis na resistência à compressão

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-p	Significância
Tipo de Chapisco	2	167,5759	30,5402	1,75823E	<b>S</b>
Ação do Vento	1	8,971203	1,634974	0,209198	NS
Ação do Calor	1	25,24981	4,601701	0,038759	<b>S</b>
Modo de Preparo	1	17,58136	3,204149	0,081865	NS
Chapisco x Preparo	2	8,999547	1,64014	0,208114	NS
Chapisco x Vento	2	0,728361	0,132742	0,876117	NS
Preparo x Vento	1	3,285275	0,598731	0,444114	NS
Chapisco x Calor	2	4,400673	0,802009	0,456276	NS
Preparo x Calor	1	52,19883	9,513078	0,003905	<b>S</b>
Vento x Calor	1	0,176222	0,032116	0,858778	NS
Chap x Prep x Vento	2	1,606309	0,292745	0,747971	NS
Chap x Prep x Calor	2	9,09916	1,658294	0,204682	NS
Chap x Vento x Calor	2	1,786998	0,325675	0,724144	NS
Prep x Vento x Calor	1	1,435213	0,261563	0,612171	NS
Chap x Prep x Vento x Calor	2	0,39774	0,072487	0,930213	NS
ERRO	36	5,487061	-	-	-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

O ensaio de verificação da resistência à compressão foi feito com os mesmos corpos-de-prova ensaiados à flexão, e os efeitos isolados do tipo de argamassa de chapisco e do modo de preparo e a interação entre calor e modo de preparo mantiveram-se significativos, porém o efeito isolado do modo de preparo deixou de ser.

A Figura 38 apresenta o efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco na resistência à compressão dos corpos-de-prova. Assim como na verificação da resistência à tração na flexão e tendo as mesmas causas, a variação de resistência seguiu seqüência crescente de Convencional, Industrializado 1 e Industrializado 2.

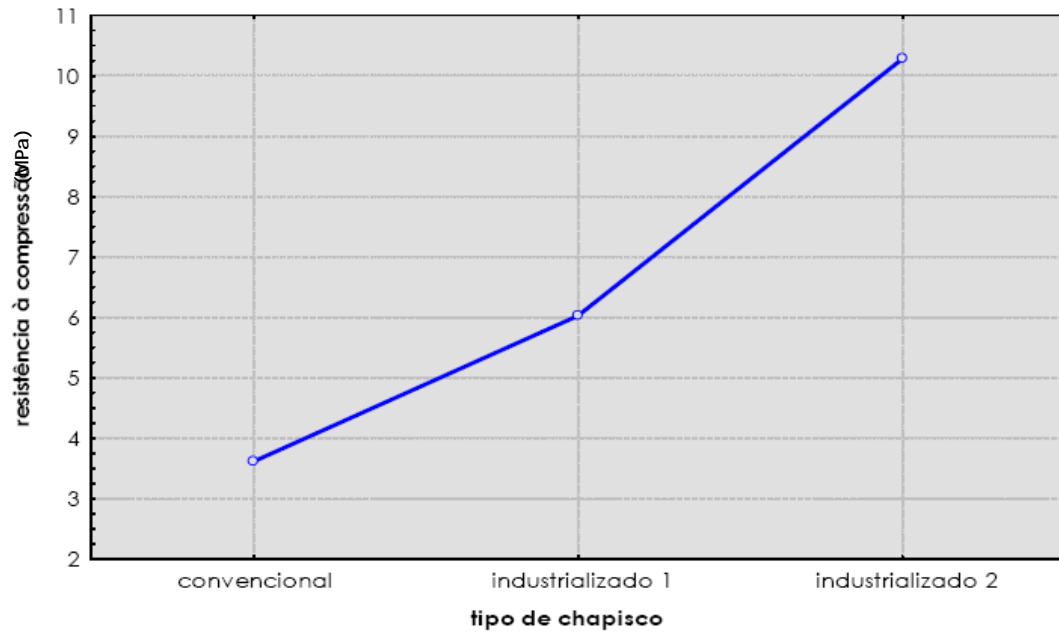


Figura 38: influência do tipo de argamassa de chapisco na resistência à compressão

A análise estatística do efeito isolado da temperatura, ilustrado na Figura 39, comprovou ser o calor influente na queda de resistência, assim como ocorrido na verificação da resistência à tração na flexão. Este comportamento pode também ser justificado pela presença de aditivos nas argamassas de chapisco industrializadas, os quais perderiam suas propriedades sob a ação do calor. Já a ação do vento, embora na maioria dos casos tenha ocasionado a queda da resistência, não influenciou de forma estatisticamente significativa.

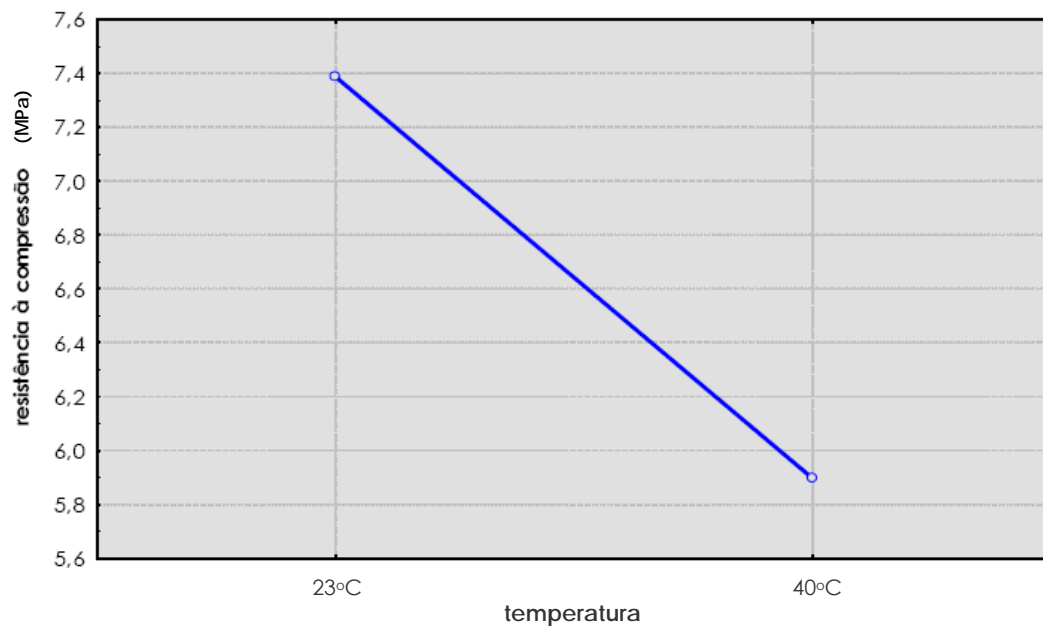


Figura 39: efeito isolado da ação do calor na resistência à compressão

A Figura 40 demonstra que as argamassas de chapisco preparadas de diferentes modos sofreram o efeito da elevação da temperatura de diferentes formas. Quando curadas a 23°C, as argamassas preparadas em argamassadeira apresentaram resistência superior, porém estas sofreram um queda de resistência de aproximadamente 3,6MPa quando da ação da temperatura elevada. De forma contrária, as argamassas preparadas em betoneira obtiveram acréscimo de resistência de forma significativa quando curadas a 40°C. Este comportamento pode ser creditado a uma maior incorporação de ar gerada pela argamassadeira, conforme verificado em ensaio, e uma conseqüente maior sensibilidade das argamassas ao calor em função do maior volume de vazios. Ou seja, o efeito do calor é potencializado pois atua sobre um volume menor de pasta.

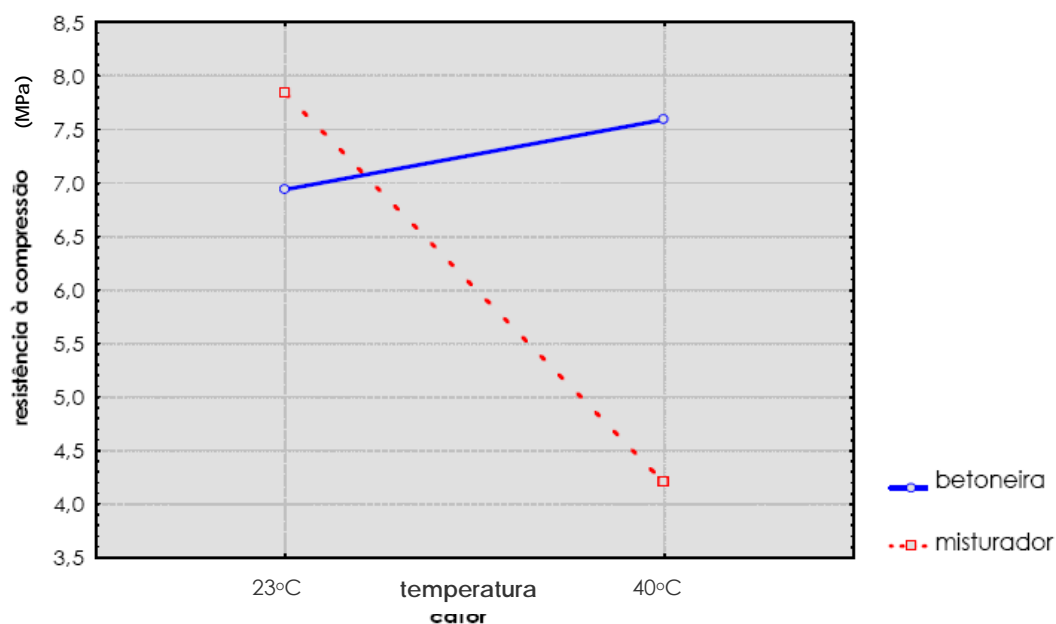


Figura 40: interação dos efeitos do modo de preparo e da temperatura na resistência à compressão

### 5.2.3 Absorção de Água e Coeficiente de Capilaridade

Os resultados médios de absorção de água das argamassa de chapisco são apresentados na Tabela 24 e na Figura 41. Os resultados individuais de cada corpo-de-prova são apresentados no apêndice E (versão digital). Cabe salientar que estes resultados não simulam uma situação da argamassa de chapisco como camada de preparo sobre um substrato.

A partir dos resultados médios obtidos constata-se que a argamassa de chapisco Convencional apresentou tanto a maior velocidade quanto a maior taxa de absorção. As argamassas de chapisco industrializadas apresentaram comportamento distinto, já que na absorção inicial o Industrializado 1 apresentou a maior taxa, sendo que na absorção final as taxas de ambos se igualaram. A absorção capilar é um indicativo da porosidade, e quanto maior a porosidade menor a resistência mecânica (CARNEIRO, 1993), o que é verificado com a argamassa de chapisco Convencional, que apresentou maior absorção e menor resistência mecânica. As argamassas industrializadas não apresentaram este comportamento na absorção final (aos 90 minutos), o que credita as causas de uma menor resistência a um maior volume de ar incorporado (que não afeta a absorção) na argamassa de chapisco Industrializado 1, ou a natureza dos materiais constituintes de cada argamassa.

Tabela 26: absorção média aos 10min, 90min e coeficiente de capilaridade de corpos-de-prova das argamassas de chapisco

Tipo de Argamassa	$\frac{g}{\bar{D}}$	Absorção 10min (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção 90min (g/cm <sup>2</sup> )	Coef. Capil. (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
Convencional	4	0,37	0,86	8,6
	6	0,33	0,73	4,0
	7	0,47	1,31	13,5
	12	0,46	1,12	10,5
	13	0,58	1,39	13,0
Industrializado 1	3	0,08	0,20	2,1
	5	0,16	0,31	2,4
	8	0,38	1,10	11,6
	11	0,36	0,95	9,5
	14	0,22	0,51	4,7
Industrializado 2	3	0,08	1,58	24,0
	6	0,06	0,12	0,7
	9	0,30	0,65	5,6
	10	0,23	0,40	3,1
	15	0,15	0,34	3,1

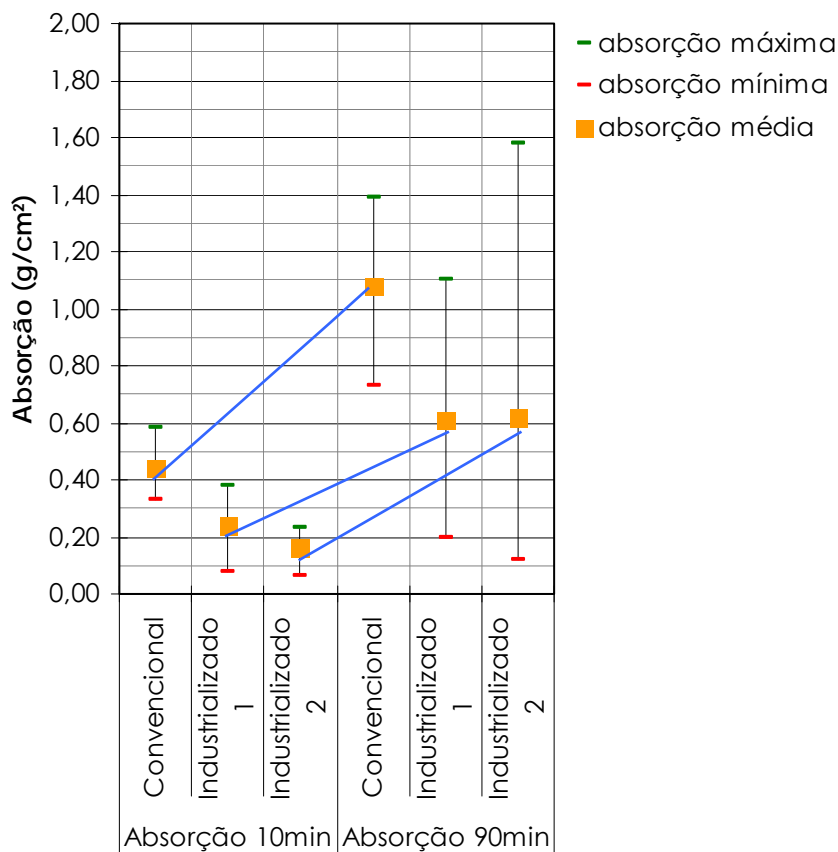


Figura 41: valores médios, máximos e mínimos de absorção das argamassas de chapisco aos 10min e 90min

Os resultados do ensaio de absorção foram comparados com os valores obtidos nos ensaios de tração na flexão e compressão correspondentes aos mesmos dias de moldagem, para que fosse verificada a existência de relação entre as resistências de ruptura e a porosidade refletida na absorção.

As Figuras 42 e 43 apresentam os valores dos coeficientes de capilaridade em função das resistências à tração na flexão e à compressão, respectivamente. Para que fosse traçada a linha de tendência nos gráficos, para a argamassa de chapisco Industrializado 2 foi desconsiderado o ponto referente ao coeficiente de capilaridade de 24 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>, por este ser bastante superior aos demais e alterar o comportamento apresentado.

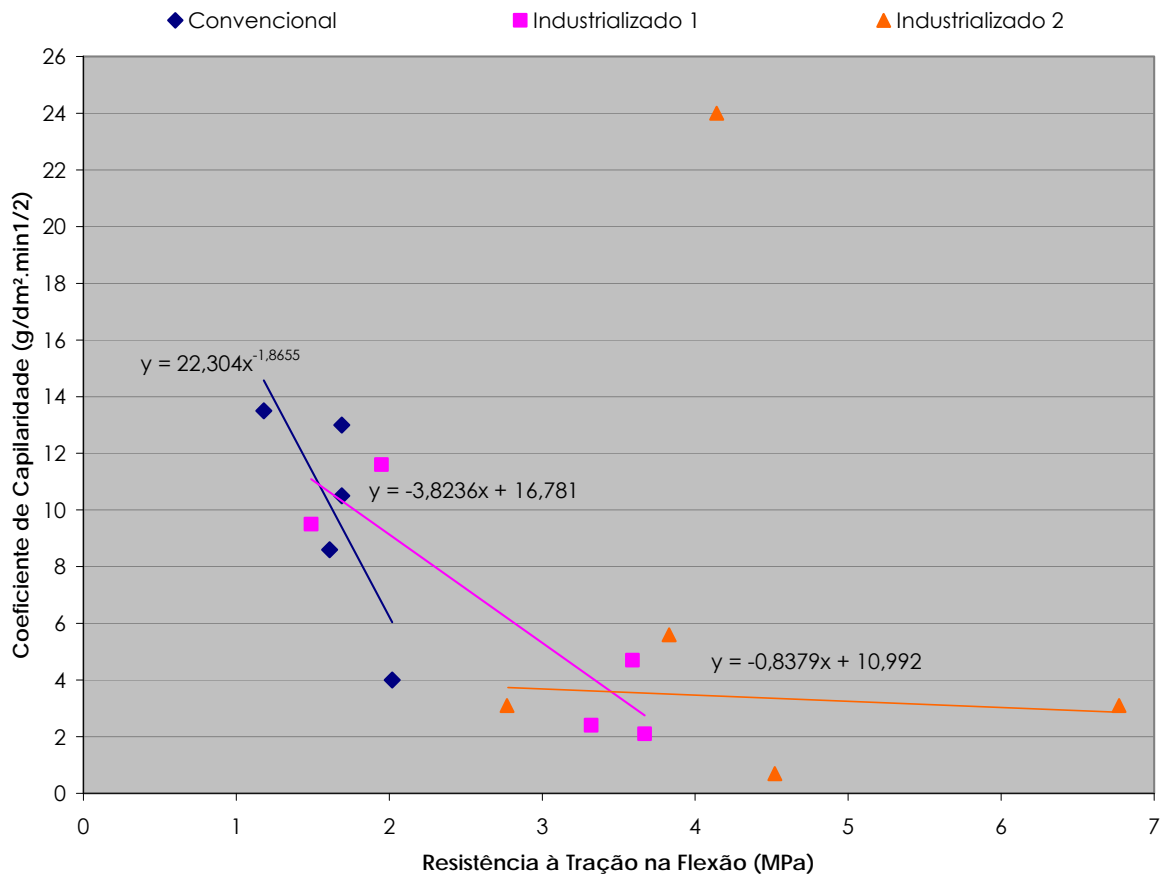


Figura 42: coeficiente de capilaridade das argamassas de chapisco em função da resistência à tração na flexão

Partindo da premissa que pelo comportamento esperado a absorção deva ser inversamente proporcional às resistências e analisando primeiramente a tração na flexão, constatou-se a partir da Figura 42 que o comportamento esperado não se confirma de forma absoluta. Isto porque se verifica apenas uma tendência, principalmente nas argamassas Convencional e Industrializada 1, onde o coeficiente de capilaridade diminui à medida que a resistência à tração na flexão aumenta.

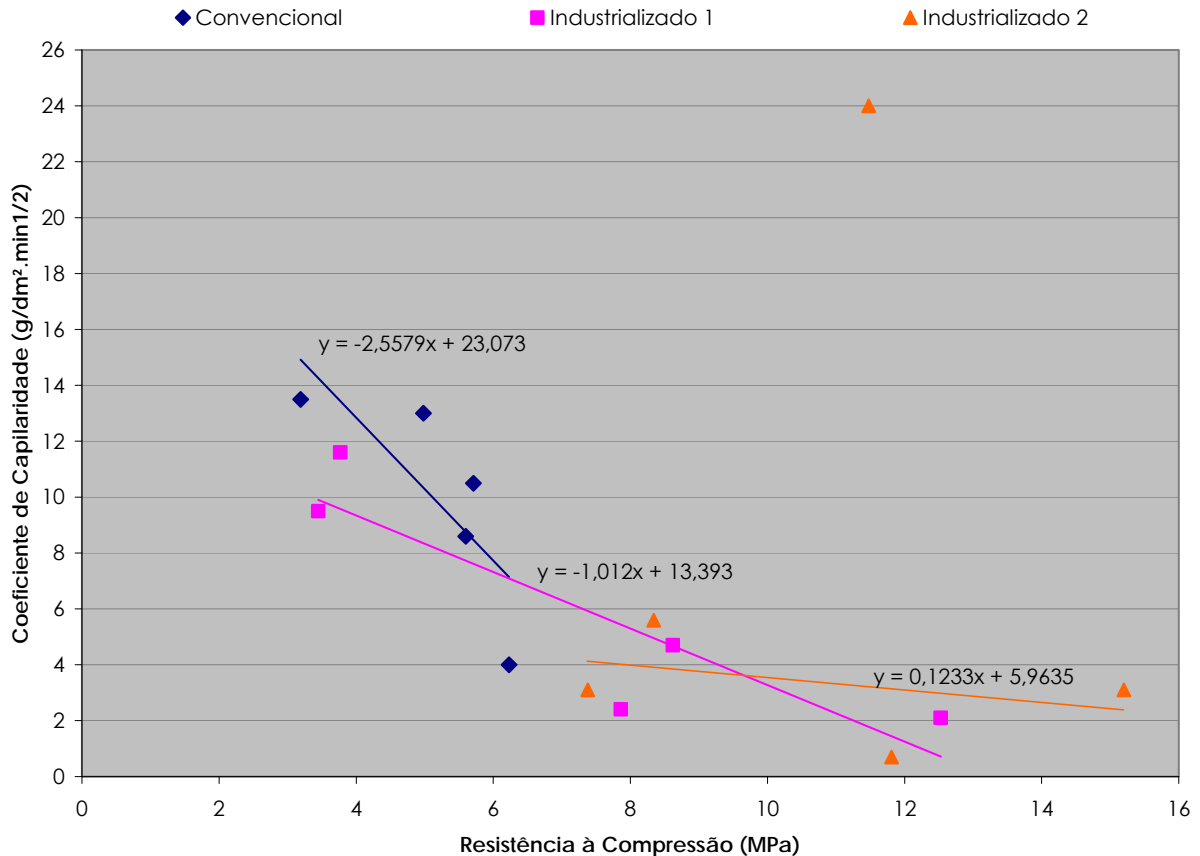


Figura 43: coeficiente de capilaridade das argamassas de chapisco em função da resistência à compressão

Para os resultados de resistência à compressão, o comportamento se repete, ou seja, dentro de cada argamassa de chapisco também é verificado que nos acréscimos de resistência há um decréscimo de absorção.

### 5.3 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

#### 5.3.1 Densidade de Massa no Estado Fresco e Teor de Ar Incorporado

A determinação da densidade de massa no estado fresco e do teor do ar incorporado, por ter sido realizada em todos os dias de aplicação de todas as argamassas de revestimento, permitiu não só caracterizar as argamassas e obter um parâmetro de comparação, como também verificar a influência do modo de preparo na reologia das argamassas e suas conseqüências nas propriedades no

estado endurecido. A Tabela 27 e as Figura 44 e 45 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 27: densidade de massa média no estado fresco e teor de ar incorporado das argamassas de revestimento

Densidade de Massa no Estado Fresco (g/cm <sup>3</sup> )						Teor de Ar Incorporado (%)					
Dia	Conv.	Dia	Industr. 1	Dia	Industr. 2	Dia	Conv.	Dia	Industr. 1	Dia	Industr. 2
3	2,02	2	2,01	1	1,77	3	4,05	2	3,54	1	20,42
4	1,99	4	2,05	3	1,90	4	5,17	4	1,36	3	14,98
5	2,02	5	2,01	4	1,81	5	3,58	5	3,48	4	18,71
6	2,04	6	2,01	5	1,80	6	2,99	6	3,48	5	19,06
7	2,03	7	2,05	7	1,61	7	4,25	7	1,45	7	27,62
8	2,06	8	2,08	8	1,64	8	2,67	8	0,00	8	26,39
9	2,04	9	2,04	9	1,65	9	3,86	9	1,90	9	26,16
10	2,03	11	2,03	10	1,84	10	4,25	11	2,25	10	17,66
13	2,03	13	2,00	13	1,55	13	4,05	13	3,65	13	30,39
14	2,02	14	2,01	14	1,56	14	4,65	14	3,50	14	30,19
15	2,03	15	2,02	15	1,57	15	4,24	15	2,66	15	29,53

Preparo em argamassadeira
  Preparo em betoneira

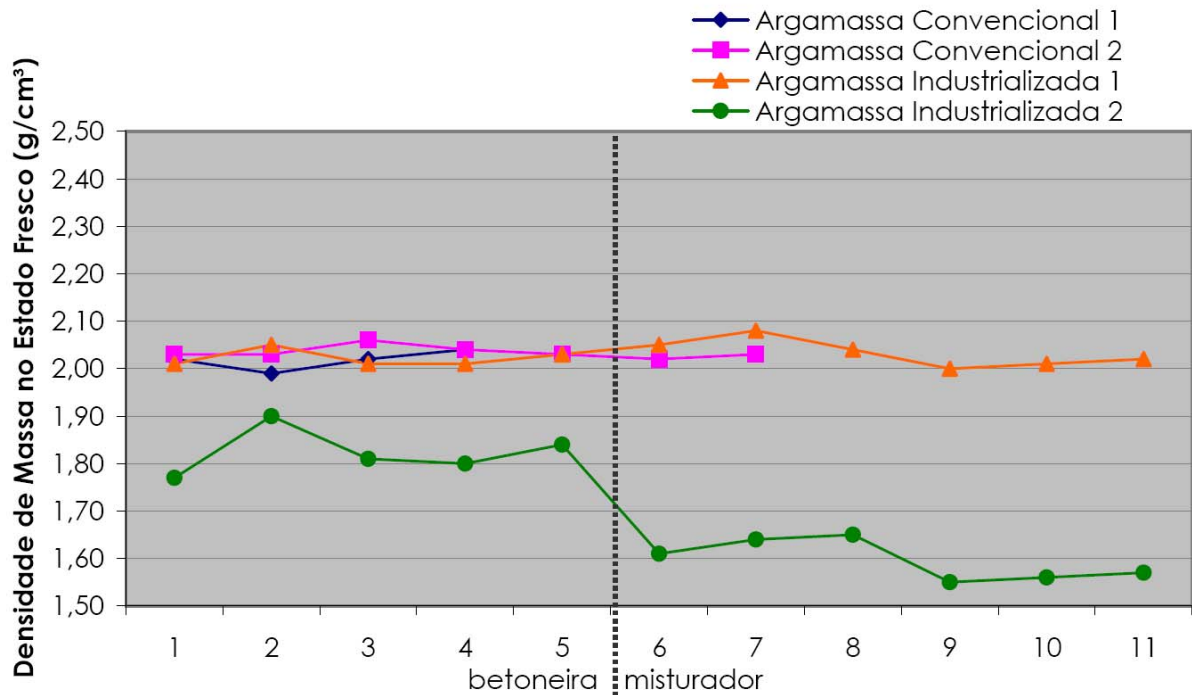


Figura 44: densidade de massa no estado fresco de cada dia de preparo das argamassas de revestimento



Constata-se, através da Figura 44, que as argamassas Convencional 1 e 2 e Industrializada 1 apresentam constância nos resultados obtidos, além destes serem muito próximos entre os dois tipos de argamassa. Já Industrializada 2, além de apresentar menor regularidade nos resultados, apresenta valores de densidade mais baixos. Acredita-se que tanto a densidade reduzida quanto a variação apresentada pela argamassa Industrializada 2 seja consequência da presença do aditivo incorporador de ar. Tristão (2005) obteve resultados semelhantes aos das argamassas convencionais e Industrializada 1 ao avaliar argamassas de cimento:cal:areia na proporção 1:1:6, com diferentes areias e granulometrias. Neste foram verificadas densidades variando de  $1,92\text{g/cm}^3$  a  $2,198\text{g/cm}^3$  com teor de ar incorporado correspondente bastante baixo, variando de 0,5% a 3,5%. Outro estudo, realizado por Carasek (1996), também apresenta relação semelhante que atribui a redução de densidade à incorporação de ar. As argamassas convencionais estudadas pela autora apresentaram maiores e mais baixos teores de ar incorporado.

Quanto à variação do modo de preparo das argamassas industrializadas, observa-se que a Industrializada 1 não sofreu alteração de densidade quando alterado o preparo, ao contrário da Industrializada 2, onde é visível um decréscimo de densidade. Isto também pode ser justificado pela incorporação de ar; a densidade reduzida significa que mais ar foi incorporado na mistura, já que se mantiveram os materiais e o proporcionamento dos mesmos. Porém, neste caso, atribui-se o decréscimo de densidade ao efeito que o preparo na argamassadeira teve sobre o aditivo, pois no caso da argamassa Industrializada 1, na qual é possível não ter aditivo, este preparo não alterou a densidade.

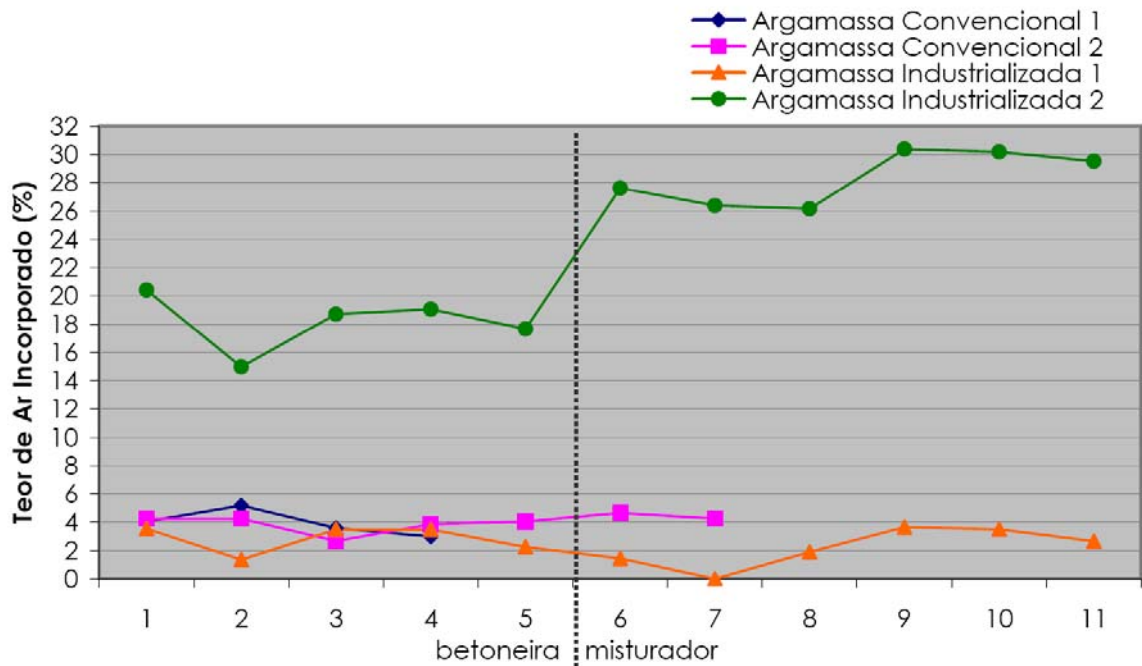


Figura 45: teor de ar incorporado de cada dia de preparo das argamassas de revestimento

Conforme o esperado, a Figura 45 demonstra que as argamassas Convencional e Industrializada 1 apresentam valores constantes e baixos, variando de 0 a 5% de incorporação de ar. Já a argamassa Industrializada 2 apresentou teores de incorporação de ar que variam de 15 a 30%. O efeito dos diferentes modos de preparo é observado na argamassa Industrializada 2 em função do acréscimo de ar incorporado observado no preparo com misturador.

### 5.3.2 Retenção de Água no Estado Fresco

O ensaio de verificação da capacidade das argamassas de reterem água no estado fresco foi realizado em apenas duas ocasiões devido à falta do equipamento específico (NBR 13277/05) e pela opção da utilização da antiga norma (NBR 13277/96). Os resultados individuais são apresentados na Tabela 28, e a médias dos dois dias de ensaio na Figura 46.

Tabela 28: retenção de água média das argamassas de revestimento

Arg.	Retenção de Água (%)	
Conv. 1	85,02	85,40
Conv. 2	88,11	86,76
Ind. 1	84,17	83,65
Ind. 2	92,83	94,31

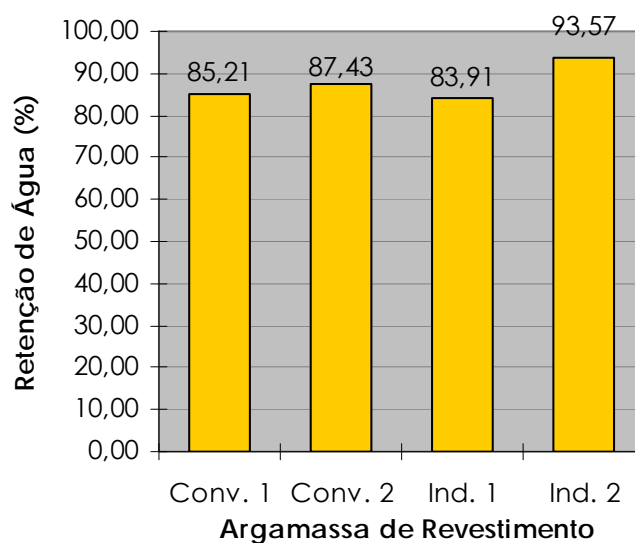


Figura 46: retenção de água média das argamassas de revestimento

Através das médias obtidas e apesar de todas as argamassas terem atingido o valor considerado o mínimo aceitável pela NBR 13281/01 (acima de 80% de retenção), verifica-se que a argamassa Industrializada 2 apresentou valor superior às demais. O que mais uma vez pode ser justificado pela maior incorporação de ar, onde as bolhas de ar, além de proporcionarem um melhor rolamento entre as partículas, melhorando a plasticidade, proporcionam uma maior retenção da água da mistura, função esta desenvolvida pela cal nos demais tipos de argamassa.

Este comportamento é comprovado através de trabalho realizado por Do Ó (2004), que confirma que “[...] o aditivo incorporador de ar influencia positivamente na retenção de água das argamassas que os contêm”. Neste estudo o referido autor encontrou para teores de ar incorporado de 18, 24 e 26% respectiva retenção de água de 62, 63 e 64%. Estes valores, também, comparados com os encontrados neste programa experimental, caracterizam os segundos como de alta capacidade de retenção de água.

Os resultados da capacidade de retenção de água encontrados em diferentes argamassas estudadas por Alves (2002) são mais coerentes com os encontrados neste programas experimental, pois variam de 89 a 93% de retenção. Estas argamassas, convencionais, foram produzidas com 0,05, 0,025 ou 0,125% de aditivo

incorporador de ar em relação à massa de cimento, o que justifica os altos valores de retenção.

### 5.3.3 Densidade de Massa no Estado Endurecido

Os resultados obtidos na verificação da densidade de massa no estado endurecido das argamassas de revestimento são apresentados na Tabela 29 e a Figura 47 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 29: densidade de massa no estado endurecido das argamassas de revestimento

Densidade de Massa no Estado Endurecido (kg/m <sup>3</sup> )			
	Convenc.	Indust. 1	Industr. 2
1	1877	1906	1636
	1810	1863	1661
	1808	1812	1565
	1852	1923	1567
2	1817	1820	1517
	1849	1834	1487
	1821	1825	1434
	1874	1870	1651
	1833	1837	1319

Preparo em argamassadeira
  Preparo em betoneira

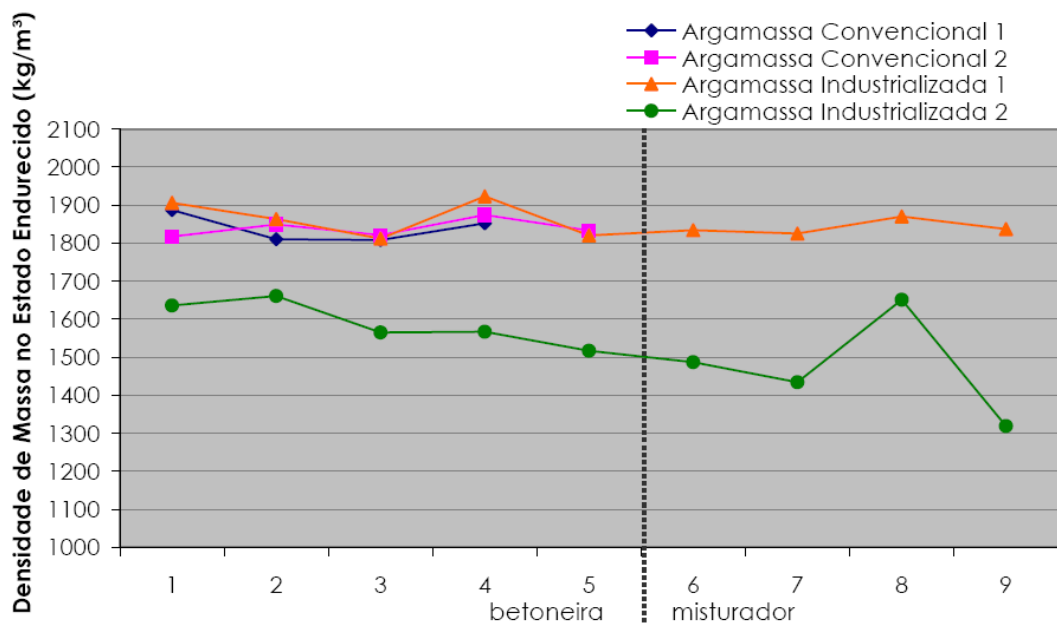


Figura 47: densidade de massa no estado endurecido para cada dia de moldagem das argamassas de revestimento

Igualmente aos resultados obtidos no estado fresco, a densidade no estado endurecido apresenta as argamassas Convencional e Industrializada 1 com densidades semelhantes e de maior valor e constância em relação à Industrializada 2. Também, observa-se a influência do modo de preparo na argamassa Industrializada 2, através da redução da densidade para o preparo em argamassadeira, o que é consequência da maior incorporação de ar provocada por ele e verificada com a argamassa no estado fresco.

A Figura 48 apresenta sobreposição dos resultados obtidos para a densidade das argamassas no estado fresco e endurecido.

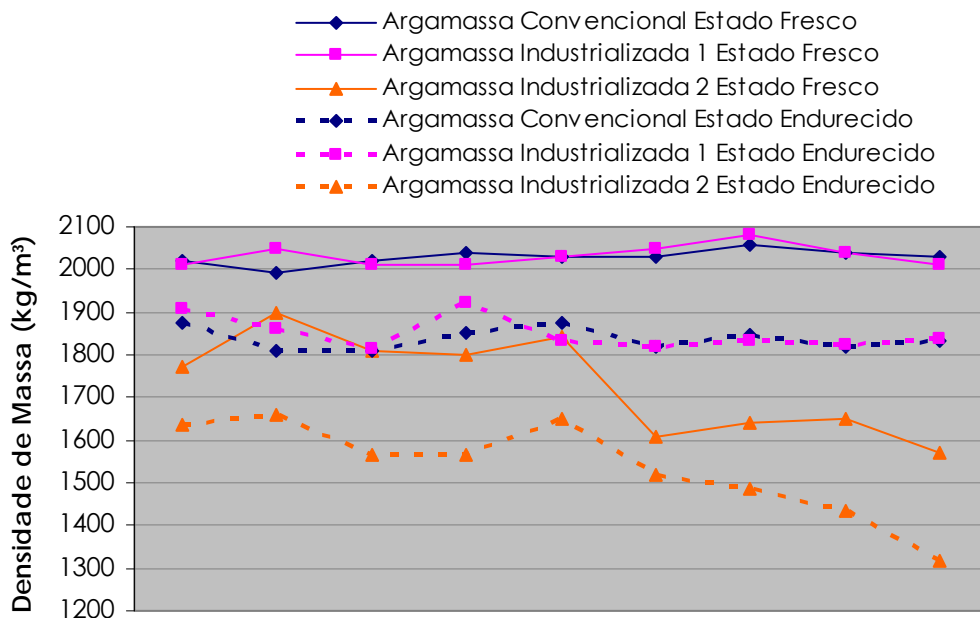


Figura 48: densidade de massa no estado fresco e endurecido das argamassas de revestimento

A partir dos valores apresentados na Figura 48, verifica-se que as variações de densidade entre o estado fresco e endurecido das diferentes argamassas ficaram bastante semelhantes. Assim, calculou-se a perda média de massa para cada tipo de argamassa, que ficou em 181kg/m<sup>3</sup> para a argamassa Convencional 1, 199kg/m<sup>3</sup> para a Convencional 2, 181kg/m<sup>3</sup> para a Industrializada 1 e 195 kg/m<sup>3</sup> para a Industrializada 2. Comparando estes valores com a capacidade de retenção de água de cada argamassa, não é encontrada relação direta, já que as maiores perdas de massa correspondem aos maiores valores de retenção, o que não justificaria a perda de massa ser decorrente apenas da evaporação da água.

Deve-se considerar também a proporção de água adicionada na mistura, o que confirma a falta de relação direta já que, tomando como exemplo a argamassa Industrializada 2, esta apresenta a maior proporção de água em relação aos materiais secos, a menor retenção de água e também a menor perda de massa.

Já comparando a densidade no estado endurecido com a retenção, apesar de se constatar que a argamassa de menor densidade também é a que apresenta a maior retenção (Industrializada 2), neste caso a primeira não é consequência da segunda, e sim ambas são resultado do aditivo incorporador de ar.

Quanto à relação com os resultados de tração na flexão e de compressão, também não é verificada relação direta. Uma densidade mais baixa pode ser indicativo de maior quantidade de vazios, como é o caso da argamassa Industrializada 2. Porém esta não é necessariamente a de mais baixa resistência, já que esta propriedade depende também do teor e das características dos materiais constituintes da argamassa.

#### **5.3.4 Resistência à Tração na Flexão e à Compressão**

Inicialmente, são apresentados e analisados os resultados de resistência à tração na flexão, com a Tabela 30 (resultados médios obtidos por dia de moldagem de cada tipo de argamassa de revestimento) e a Figura 49 (valores médios, mínimos e máximos unindo os valores de todos os dias de moldagem). Os resultados individuais por corpo-de-prova encontram-se no apêndice F da versão digital.

Tabela 30: resistência à tração na flexão média (6 corpos-de-prova) das argamassas de revestimento por dia de moldagem

Dia	Tipo de Argamassa de Revestimento									
	Traço	Convencional			Industrializada 1			Industrializada 2		
		Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)
1	1	0,60	0,07	11,6	2,00	0,23	11,6	1,80	0,19	10,5
2		0,73	0,09	12,1	3,27	0,22	6,9	1,95	0,14	7,2
3		1,34	0,03	2,5	2,70	0,03	1,0	2,28	0,18	7,9
4		0,60	0,05	7,7	1,87	0,25	13,6	2,38	0,21	8,8
5	2	1,37	0,15	11,3	1,78	0,00	0,0	1,32	0,17	12,6
6		1,90	0,14	7,1	2,55	0,30	11,7	1,86	0,09	4,6
7		0,95	0,16	17,0	1,06	0,26	24,3	1,07	0,04	3,3
8		1,70	0,15	9,1	1,79	0,14	7,94	2,05	0,16	7,6
9		1,36	0,20	14,4	1,83	0,20	11,2	0,95	0,20	20,7

■ Preparo em argamassadeira ■ Preparo em betoneira

Observa-se, através na análise da Tabela 26, uma grande variabilidade de resultados para as três argamassas avaliadas. Esta variabilidade é caracterizada pelo fato da mesma argamassa apresentar valores que chegam a variar em três vezes, o que faz com que uma mesma argamassa esteja distribuída em diferentes faixas de resistência. Apesar disso, verifica-se que os maiores valores foram alcançados pela argamassa Industrializada 1, seguida da Industrializada 2, Convencional 2 e Convencional 1.

Os valores obtidos com as argamassas convencionais são compatíveis com aqueles encontrados por outros autores. Araújo Junior (2004), por exemplo, encontrou para quatro diferentes traços de argamassas convencionais a base de cimento:cal:areia resistências de 0,61MPa, 0,93MPa, 1,07MPa e 1,17MPa, sendo o primeiro referente a um traço semelhante ao da argamassas Convencional 1. Já a maior resistência obtida pelo autor refere-se a um traço menos rico que o da argamassa Convencional 2, o que justifica os mais altos valores de resistência. O mesmo autor estudou uma argamassa industrializada e encontrou uma resistência à tração na flexão de 1,64MPa, valor este que encontra-se abaixo de 78% das médias obtidas neste programa experimental com as argamassas industrializadas.

Resultados encontrados por Tristão (2005) para argamassas convencionais com traços e relações água/cimento semelhantes às argamassas Convencional 1 e Convencional 2 mostraram-se mais baixos no caso das primeiras, tendo o autor

encontrado média de 0,46MPa, e semelhantes no caso das segundas, tendo a média de 1,83MPa.

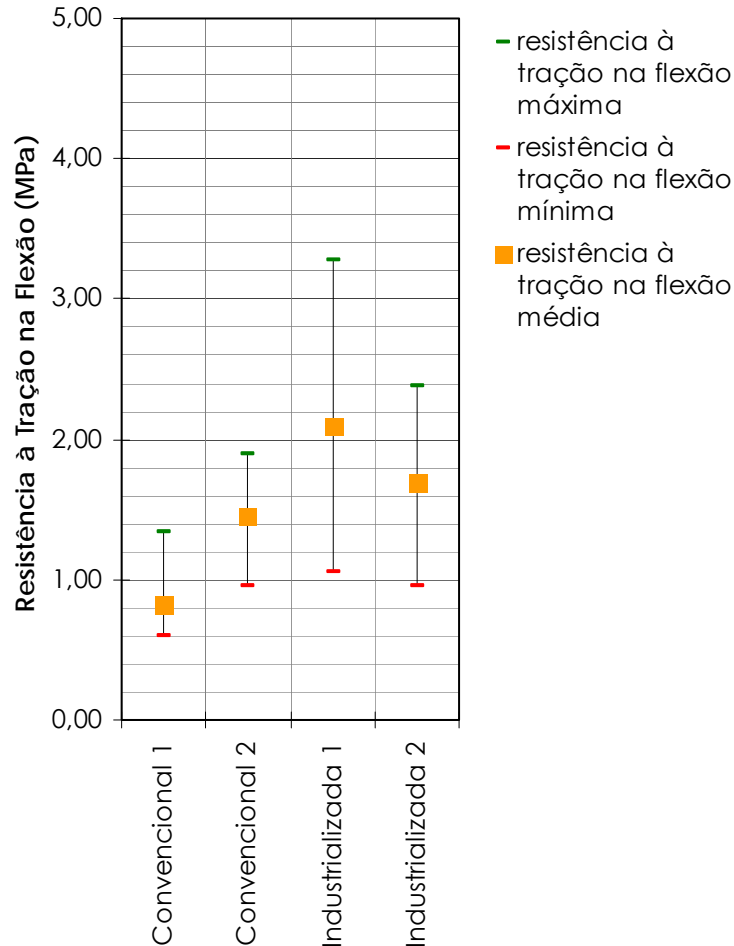


Figura 49: resistência à tração na flexão de corpos-de-prova das argamassas de revestimento

Os valores de resistência à tração na flexão mínima, máxima e média reforçam o verificado com os valores individuais quanto à seqüência que classifica as argamassas da maior a menor resistência: Industrializada 1, Industrializada 2, Convencional 2 e Convencional 1. Quanto à variação entre os valores de um mesmo tipo de argamassa, observa-se que a seqüência se repete, ou seja, a argamassa que apresentou os maiores valores de resistência também foi aquela que apresentou a maior variação entre o valor mínimo e máximo.

Quanto aos resultados de resistência à compressão, estes são apresentados na Tabela 31 e na Figura 50. Os resultados individuais por corpo-de-prova encontram-se no apêndice G da versão digital.



Tabela 31: resistência à compressão média (6 corpos-de-prova) das argamassas de revestimento por dia de moldagem

Dia	Tipo de Argamassa de Revestimento									
	Tipo	Convencional			Industrializada 1			Industrializada 2		
		Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)
1	1	1,65	0,20	12,1	8,81	0,25	2,9	3,95	0,09	2,2
2		1,79	0,13	7,2	8,29	0,33	4,0	5,17	0,26	5,0
3		1,77	0,19	11,0	7,35	0,40	5,4	4,05	0,22	5,4
4		2,03	0,13	6,4	7,41	0,21	2,7	5,28	0,93	19,3
5	2	3,28	0,26	7,9	4,61	0,33	7,1	1,83	0,17	9,1
6		5,53	0,34	6,21	7,62	0,33	4,3	3,46	0,23	6,75
7		2,75	0,26	9,4	2,91	0,33	11,2	1,79	0,23	13,1
8		3,97	0,19	4,8	4,57	0,24	5,20	3,85	0,28	7,1
9		3,35	0,35	10,5	6,65	0,25	3,8	1,91	0,33	17,4

Preparo em argamassadeira
  Preparo em betoneira

O comportamento apresentado pelas argamassas de revestimento na verificação da resistência à compressão se equivale ao apresentado no ensaio de tração na flexão. Verifica-se a mesma variabilidade de resultados, com valores que chegam a distar em 5,9MPa. Considerando, por exemplo, faixas de resistência de 0,5MPa, e enquadrando os resultados de ambos os ensaios nesta faixa, constata-se que a variabilidade nos valores obtidos à compressão é ainda mais pronunciada. Com exceção da argamassa Convencional 1 (dias de moldagem de 1 a 4), em que os valores mantiveram-se na mesma faixa, os demais resultados se distribuem em até sete faixas distintas, como é o caso da Industrializada 1.

Os resultados obtidos com os dois traços da argamassa Convencional assemelham-se aos apresentados em outros trabalhos, como o de Dubaj (2000), por exemplo, que obteve para argamassas de cimento:cal:areia uma resistência à compressão média de 1,43MPa para o traço 1:2:9 (em volume) e 3,99MPa para o traço 1:1:6 (também em volume). Já os resultados obtidos por Antunes (2005) também para argamassas convencionais variaram de 8,54MPa a 13,57MPa para traços semelhantes, porém com uso de filler, o que justifica a maior resistência. Para as argamassas industrializadas, Candia (1998) encontrou 5,98MPa, que pode ser considerado um valor médio, o que caracterizaria a argamassa Industrializada 1 como de alta resistência, e a Industrializada 2, de baixa resistência. De forma semelhante, Araújo Junior (2004) encontrou para uma argamassa industrializada resistência à compressão de 4,46MPa, valor se assemelha tanto aos mais baixos

valores da argamassa Industrializada 1, quanto aos mais altos da argamassa Industrializada 2.

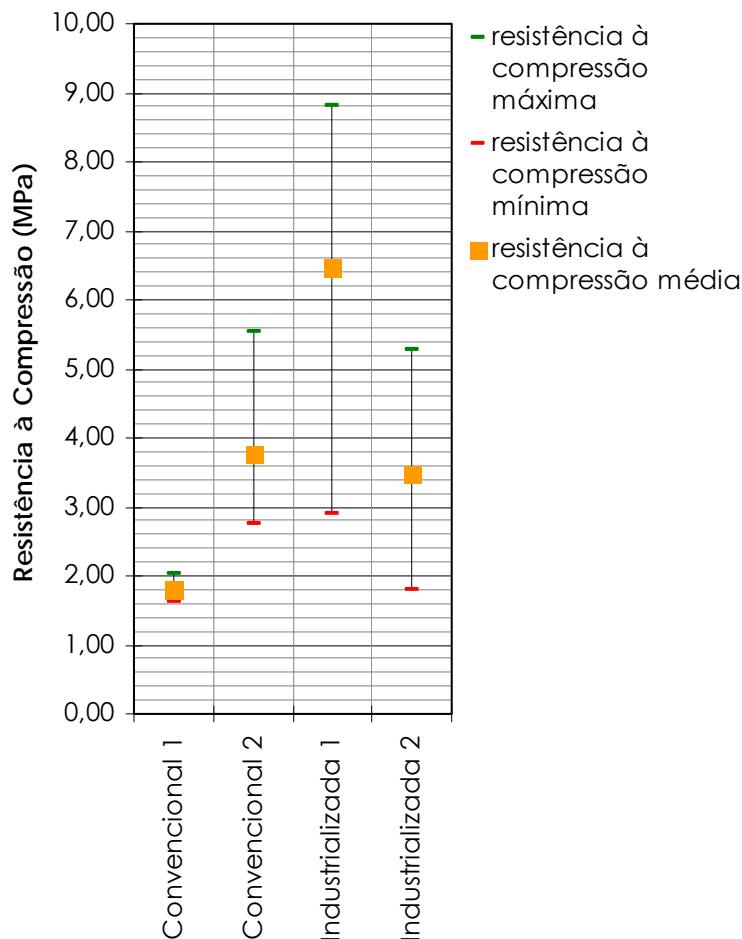


Figura 50: resistência à compressão de corpos-de-prova das argamassas de revestimento

O comportamento apresentado na Figura 49 mostra ser a argamassa Industrializada 2 a de mais baixa resistência à compressão média, seguida da Convencional 2, Industrializada 1 e Convencional 1. Analisando separadamente os tipos de argamassa, dentre as convencionais, de que é sabido o proporcionamento dos materiais, o comportamento apresentado se justifica pelo maior teor de aglomerantes e menor relação água/cimento da argamassa Convencional 2. Para as argamassas industrializadas não se pode atribuir a diferença de resistência média aos materiais, porém, a partir dos ensaios realizados no estado fresco e comprovados na densidade no estado endurecido, foi verificado que a argamassa Industrializada 2 apresentou menor densidade em função do maior teor de ar incorporado, o que justifica a resistência mais baixa.

### 5.3.5 Absorção de Água

O ensaio da determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade tem seus resultados apresentados na Tabela 32 e a figura 51. Os valores individuais por corpo-de-prova e dia de moldagem encontram-se no anexo H da versão digital.

Tabela 32: absorção média aos 10min, 90min e coeficiente de capilaridade de corpos-de-prova das argamassas de revestimento

Tipo de Argamassa		$\frac{g}{D}$	Absorção 10min (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção 90min (g/cm <sup>2</sup> )	Coef. Capil. (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
Convencional	Traço 1	1	0,59	1,98	26,4
		2	0,76	1,91	18,4
		3	0,76	1,79	16,5
		4	0,56	1,40	13,5
	Traço 2	5	0,60	1,26	10,7
		6	0,43	0,93	9,1
		7	0,62	1,66	16,6
		8	0,35	0,81	7,3
		9	0,40	1,24	13,4
Industrializado 1	1	0,35	0,69	5,5	
	2	0,39	0,87	7,7	
	3	0,49	1,03	8,7	
	4	0,28	0,63	6,4	
	5	0,58	1,26	10,8	
	6	0,59	1,18	10,4	
	7	0,79	2,05	20,2	
	8	0,67	1,71	16,7	
	9	0,50	1,16	9,5	
Industrializado 2	1	0,50	1,20	11,1	
	2	0,28	1,99	27,3	
	3	0,41	0,98	9,0	
	4	0,50	1,11	9,7	
	5	0,49	1,13	10,3	
	6	0,40	0,79	6,2	
	7	0,57	1,41	13,5	
	8	0,43	0,99	6,7	
	9	0,27	0,72	7,1	

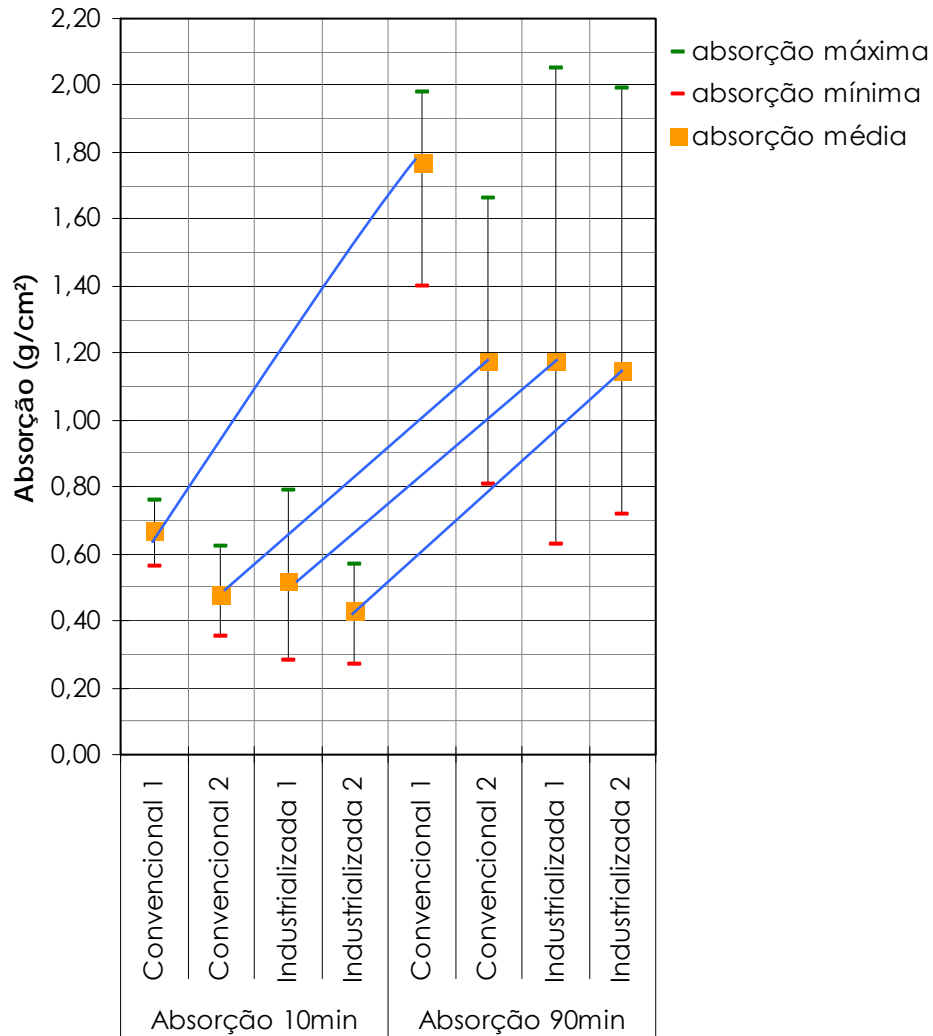


Figura 51: valores médios, máximos e mínimos de absorção das argamassas de revestimento aos 10min e 90min

A partir dos resultados obtidos e analisando as médias, observa-se que, tanto para a absorção inicial quanto para a final, a argamassa Convencional 1, de menor teor de aglomerante, apresenta absorção superior, isto porque esta apresenta-se com menor compactidade que as demais (ALVES, 2002). As demais argamassas apresentaram absorção média equivalente, o que, portanto, não pode ser atribuído ao teor de ar incorporado de cada argamassa, já que este refere-se também ao ar aprisionado que não exerce influência na absorção capilar.

Analisando as variações entre os resultados obtidos para cada tipo de argamassa, constata-se que a absorção inicial de todas as argamassas se apresenta mais regular que a absorção final de mesma argamassa. Outro comportamento observado é que a argamassa de mais alta absorção (Convencional 1) é também

aquela que apresenta menor desvio entre os resultados. O contrário também é verificado com a Industrializada 2.

Para que fosse verificada relação que pudesse descrever algum padrão de comportamento, foram plotados os valores de coeficiente de capilaridade das argamassas de revestimento em função da resistência à tração na flexão e à compressão de corpos-de-prova moldados juntamente. As Figuras 52 e 53 apresentam os gráficos resultantes.

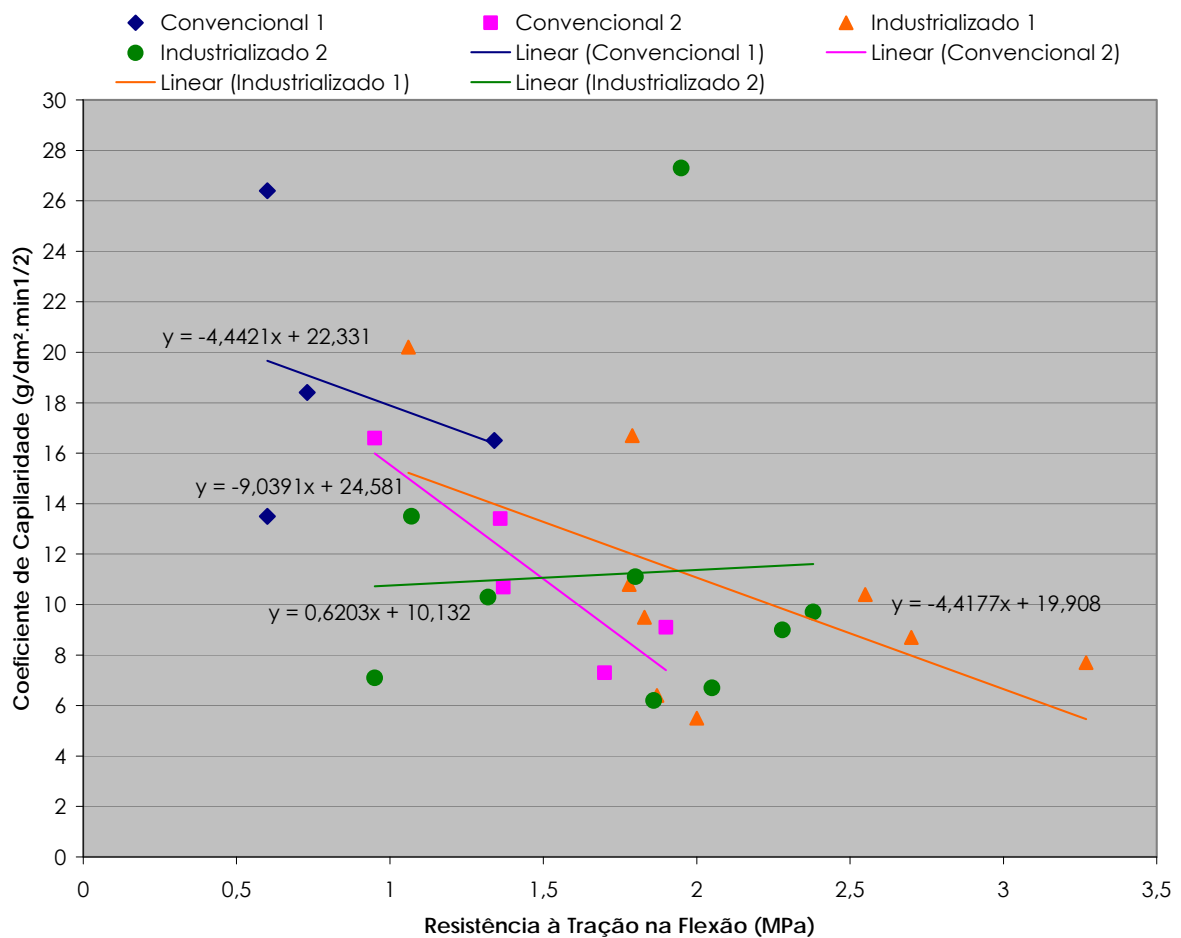


Figura 52: coeficiente de capilaridade das argamassas de revestimento em função da resistência à tração na flexão

Analisando a Figura 52 referente aos valores de coeficiente de capilaridade em função da resistência à tração na flexão das argamassas de revestimento verifica-se que o comportamento esperado e confirmado nas argamassas de chapisco, aqui também se manifesta. Este se apresenta de forma mais clara na argamassa

Convencional 2, onde os valores demonstram que a medida que aumenta a resistência, diminui a absorção, o que se justifica pela menor porosidade (quantidade ou tamanho dos poros, características não determinadas neste ensaio); menos água é possível de ser absorvida e maior é a resistência da argamassa.

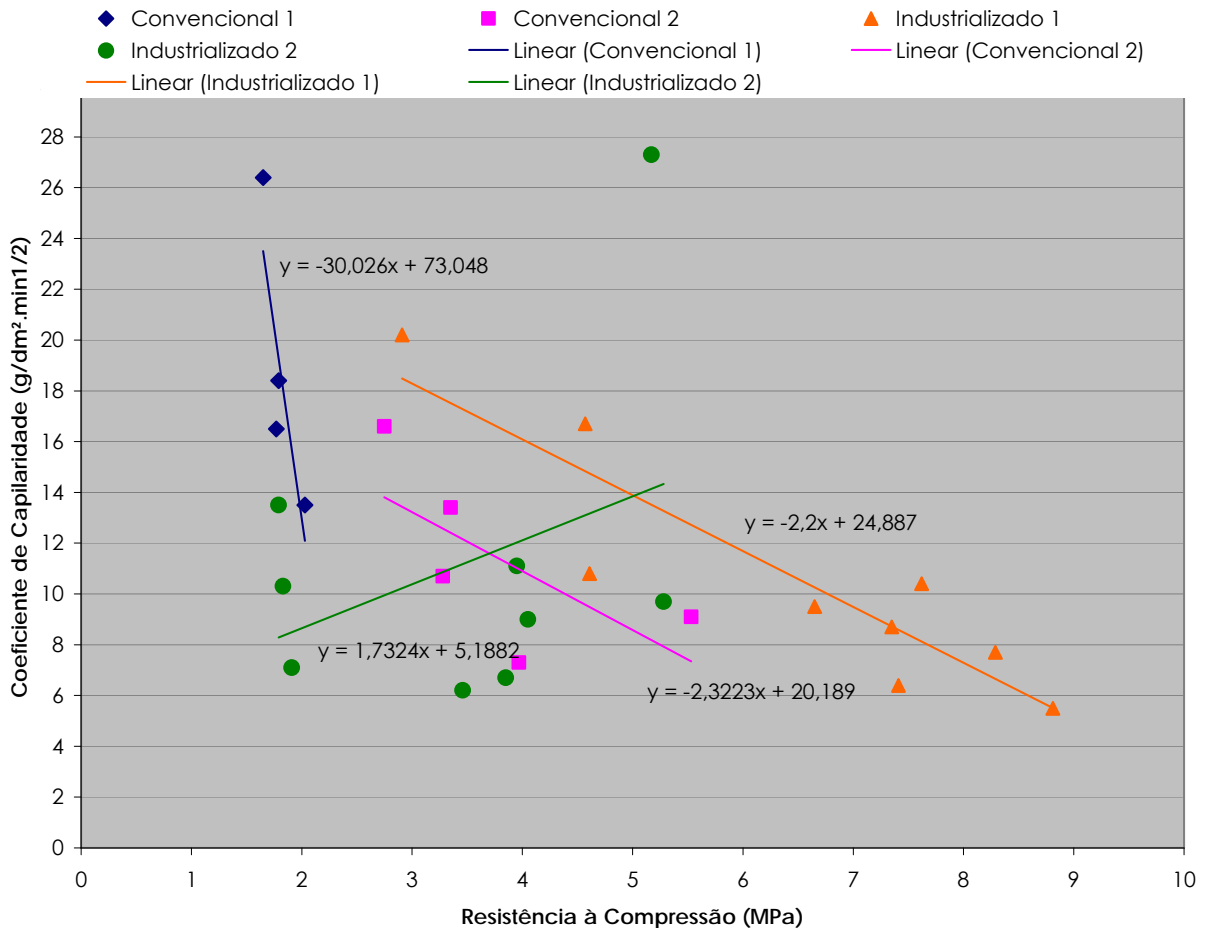


Figura 53: coeficiente de capilaridade das argamassas de revestimento em função da resistência à compressão

Comparando a absorção à resistência à compressão, a relação percebida na argamassa de chapisco se mantém, com exceção da argamassa Industrializada 2, onde o comportamento esperado foi inverso .

### 5.3.6 Módulo de Deformação Dinâmico

Os valores individuais dos módulos de deformação dinâmicos obtidos (média de 2 corpos-de-prova moldados para cada argamassa a cada dia) encontram-se na Tabela 33, e a Figura 54 apresenta as médias para cada argamassa. Este ensaio

não foi realizado com a argamassa Convencional 1 por ela ter sido utilizada apenas no início do programa experimental e depois desconsiderada, e pela realização deste ter sido definida na fase final do trabalho. O modo de preparo da argamassa Convencional 2 foi com betoneira e das industrializadas com argamassadeira.

Tabela 33: módulo de deformação dinâmico das argamassas de revestimento

Módulo de Deformação Dinâmico (GPa)			
Dia	Conv. 2	Ind. 1	Ind. 2
1	6,82	7,44	3,86
2	7,46	7,62	3,81
3	6,97	5,99	2,99
4	8,11	8,63	4,53

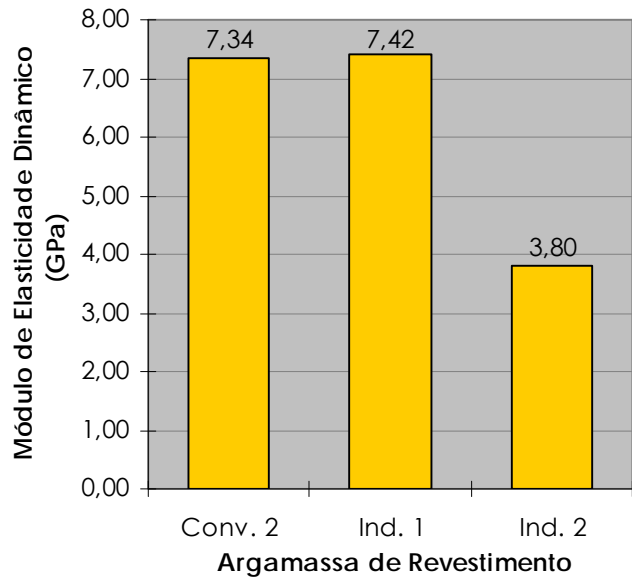


Figura 54: módulo de elasticidade dinâmico das argamassas de revestimento

Através dos valores apresentados na Tabela 29 observa-se que as argamassas Convencional 2 e Industrializada 1 apresentam valores de módulo semelhantes e superiores aos apresentados pela Industrializada 2, o que fica bastante evidente com a Figura 54 que ilustra as médias. Isto significa que a argamassa Industrializada 2 tem uma maior capacidade de absorver as deformações sem que fissure ou, no caso de estar aderida a um substrato, sem que ocorra descolamento.

Araújo Junior (2004) encontrou valor semelhante (7,71GPa) aos encontrados para as argamassas Convencional 2 e Industrializada, sendo este valor referente a uma argamassa convencional com resistência à compressão de 3,55MPa e densidade de massa de 1.780kg/m<sup>3</sup>. O mesmo autor encontrou para uma argamassa industrializada módulo de deformação de 6,72GPa, demonstrando que a argamassa tem capacidade de deformação bastante inferior a argamassa industrializada deste programa experimental. Ambas as argamassas apresentam densidade semelhante, na faixa de 2,0kg/m<sup>3</sup>, o que leva a creditar a variação de módulo não

aos vazios, mas à natureza dos materiais e aditivos presentes, o que não é conhecido.

Buscando nos demais ensaios realizados algum comportamento semelhante que justifique os resultados obtidos, pode-se relacionar, primeiramente, à densidade no estado endurecido, que apresentou o mesmo comportamento. O que é coerente e esperado, já que o próprio valor de densidade é utilizado para o cálculo. Além disso, os vazios da argamassa, que também condicionam a densidade, influenciam na velocidade de propagação da onda ultra-sônica, que influencia no valor calculado. Considerando, portanto, que no estado fresco foi verificado que a argamassa Industrializada 2 apresentou maior incorporação de ar, é também coerente que apresente menor módulo, já que a velocidade de propagação da onda é maior, em função dos vazios.

Com os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão e absorção de água a relação não é encontrada, isto porque os primeiros dependem também da relação água/cimento de cada material constituinte e não só da porosidade, e o segundo porque é influenciado apenas pela porosidade aberta, e não a total, como no ensaio de módulo.

## 5.4 SISTEMA REVESTIMENTO

A apresentação dos resultados obtidos com o ensaio de resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimento simulados neste programa experimental será realizada em duas etapas. Primeiramente serão apresentadas as médias obtidas para cada combinação. Não foram calculadas, separadamente, as médias para cada forma de ruptura, como indica a NBR 13528/95, pois neste estudo se estabeleceu caracterizar a resistência média do sistema e não das diferentes interfaces e materiais que o compõe.

Após será apresentada análise estatística de variância (ANOVA) para verificação da influência das variáveis independentes definidas para a cura da camada de preparo em argamassa de chapisco, além da influência do próprio tipo das argamassas e modo de preparo. Por fim, para algumas das propriedades obtidas pelos ensaios de caracterização, foi verificada sua influência e relação com a resistência de aderência, através de análise estatística de regressão simples.



As Tabelas 34 a 36 apresentam os valores médios de resistência de aderência de cada combinação do sistema revestimento estudada, separadas por tipo de argamassa de chapisco. Todos os valores de resistência de aderência por corpo-de-prova, bem como o diâmetro, espessura e forma de ruptura encontram-se no apêndice I da versão digital. Nas resistências médias por forma de ruptura não foram consideradas aquelas formas de ruptura que correspondiam a menos de 10% dos corpos-de-prova de cada combinação.

Tabela 34: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Convencional

Chapisco Convencional	Preparo Argamassadeira	Vento	Temp.	Arg.	Preparo Arg.	Resistência Aderência (MPa)*	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. por forma de ruptura (MPa)			
									C	D	E	
Chapisco Convencional	Preparo Argamassadeira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,14	0,08	54,12	-	-	0,14	
				Ind. 1		0,13	0,04	32,85	-	0,11	0,18	
				Ind. 2		0,09	0,05	49,14	0,09	-	-	
			Conv. 2	0,05		0,01	24,14	0,07	0,06	-		
			Ind. 1	0,14		0,03	23,34	-	0,14	0,14		
			Ind. 2	0,06		0,03	46,55	0,06	-	0,05		
		COM	23°C	Conv. 1		0,14	0,03	21,09	-	-	0,14	
				Ind. 1		0,00*	0,00	0,00	-	-	-	
				Ind. 2		0,07	0,05	65,96	0,04	-	0,08	
			40°C	Conv. 2		0,05	0,01	28,04	0,05	0,06	-	
				Ind. 1		0,17	0,02	14,21	-	0,17	0,18	
				Ind. 2		0,07	0,02	25,29	0,07	-	-	
	Preparo Betoneira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,08	0,05	69,00	-	0,06	0,11	
				Conv. 2	betoneira	0,32	0,12	37,32	0,07	-	0,34	
				Ind. 1	betoneira	0,12	0,08	69,46	-	0,17	0,12	
			Ind. 2	argamas.	0,14	0,10	73,03	-	-	0,14		
				betoneira	0,10	0,10	94,53	0,10	0,13	0,04		
				argamas.	0,13	0,03	26,25	-	-	0,13		
		40°C	Conv. 2	betoneira	0,00**	0,00	0,00	-	-	-		
			Ind. 1	argamas.	0,02	0,01	39,48	0,02	0,02	-		
			Ind. 2	argamas.	0,01	0,01	33,35	0,01	0,01	0,03		
			COM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,05	0,04	78,49	-	0,08	0,06
					Conv. 2	betoneira	0,30	0,10	33,35	0,21	-	0,33
					Ind. 1	betoneira	0,00**	0,00	0,00	-	-	-
40°C	Ind. 2	argamas.	0,13	0,05	36,66	-	-	0,13				
		betoneira	0,08	0,01	7,31	-	0,08	-				
		argamas.	0,09	0,07	79,55	-	-	0,09				
	Conv. 2	betoneira	0,00**	0,00	0,00	-	-	-				
		Ind. 1	argamas.	0,01	0,01	60,22	0,01	0,01	-			
		Ind. 2	argamas.	0,01	0,01	42,31	0,01	0,02	-			

\* média de 12 corpos-de-prova;

\*\* os corpos-de-prova descolaram do substrato durante o corte, colagem das pastilhas ou acoplagem do equipamento de ensaio, ou houve o deslocamento do revestimento.

$R_a \geq 0,30\text{MPa}$   
  $0,30\text{MPa} > R_a \geq 0,20\text{MPa}$   
  $0,20\text{MPa} > R_a \geq 0,10\text{MPa}$   
  $R_a < 0,10\text{MPa}$

Forma de ruptura: C – interface argamassa/ chapisco; D – interface chapisco/ substrato; E – na argamassa.

A partir da Tabela 34, referente às combinações com a camada de preparo em argamassa de chapisco Convencional, observa-se que apenas duas delas alcançaram a resistência mínima definida pela NBR 13749/06, conferindo a esta argamassa de chapisco uma condição bastante insatisfatória. Condição esta que

é reforçada constatando-se que 60% das 30 combinações sequer alcançaram 0,10MPa de resistência de aderência, estando entre elas todas as combinações em que o chapisco foi preparado na betoneira e teve cura aos 40°C, independente do tipo de argamassa aplicada.

Quanto às combinações que obtiveram a resistência mínima de 0,30MPa, verifica-se que ambas tiveram as argamassas de chapisco e revestimento preparadas em betoneira, com argamassa de revestimento Convencional 2 (mesmo tipo que a argamassa de chapisco sobre a qual foi aplicada) e cura da argamassa de chapisco a 23°C, com ou sem a ação do vento nos três primeiros dias de cura. Estas similaridades entre as variáveis, no entanto, só terão sua influência confirmada após análise estatística, assim como a influência da argamassa de chapisco Convencional nos baixos resultados.

Tabela 35: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Industrializado 1

Chapisco Industrializado 1	Preparo Argamassadeira	Vento	Temp.	Arg.	Preparo Arg.	Resistência Aderência (MPa)*	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. por forma de ruptura (MPa)		
									C	D	E
Chapisco Industrializado 1	Preparo Argamassadeira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,09	0,04	49,49	-	-	0,09
				Ind. 1		0,36	0,10	27,33	0,35	-	0,37
				Ind. 2		0,23	0,07	29,22	-	-	0,23
			Conv. 2	0,21		0,04	21,34	0,21	-	-	
			Ind. 1	0,16		0,06	35,35	0,16	-	-	
			Ind. 2	0,07		0,02	29,13	0,07	-	0,06	
		COM	23°C	Conv. 1		0,11	0,05	45,37	-	-	0,11
				Ind. 1		0,23	0,07	31,70	-	-	0,23
				Ind. 2		0,20	0,11	55,15	0,16	-	0,17
			40°C	Conv. 2		0,14	0,14	102,55	0,09	-	0,48
				Ind. 1		0,17	0,05	29,96	0,17	0,14	-
				Ind. 2		0,09	0,03	30,95	0,09	-	0,11
	Preparo Betoneira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,13	0,07	51,27	-	-	0,13
				Conv. 2	betoneira	0,18	0,06	32,05	0,20	-	0,12
				Ind. 1	betoneira	0,32	0,12	36,38	0,24	-	0,38
					argamass.	0,14	0,06	43,34	-	-	0,14
				Ind. 2	betoneira	0,25	0,11	43,49	0,17	-	0,29
					argamass.	0,12	0,07	52,43	-	-	0,12
COM		40°C	Conv. 2	betoneira	0,04	0,02	41,61	0,03	-	0,05	
			Ind. 1	argamass.	0,05	0,01	26,24	0,05	-	0,06	
				argamass.	0,05	0,02	40,87	0,05	-	0,08	
			Conv. 1	betoneira	0,15	0,08	52,31	-	-	0,15	
				betoneira	0,10	0,06	57,20	0,11	-	0,04	
			Ind. 1	betoneira	0,30	0,11	36,26	0,25	0,20	0,31	
argamass.	0,15	0,03		17,35	0,14	-	0,14				
COM	23°C	Ind. 2	betoneira	0,18	0,04	20,35	0,18	-	0,18		
			argamass.	0,12	0,04	30,57	-	-	0,12		
		40°C	Conv. 2	betoneira	0,03	0,02	48,86	0,03	-	0,07	
			Ind. 1	argamass.	0,04	0,02	53,11	0,04	-	0,05	
		Ind. 2	argamass.	0,05	0,03	58,82	0,05	-	0,06		

\* média de 12 corpos-de-prova

$R_a \geq 0,30\text{MPa}$   
  $0,30\text{MPa} > R_a \geq 0,20\text{MPa}$   
  $0,20\text{MPa} > R_a \geq 0,10\text{MPa}$   
  $R_a < 0,10\text{MPa}$

Forma de ruptura: C – interface argamassa/ chapisco; D – interface chapisco/ substrato; E – na argamassa.

Assim como ocorrido nas combinações do chapisco Convencional, com o chapisco Industrializado 1 as combinações de revestimento que alcançaram resistência igual ou superior a 0,30MPa possuem mesmo tipo de argamassa de chapisco e revestimento, neste caso, de mesmo fabricante, a cura da argamassa de chapisco foi a 23°C (com ou sem ação do vento) e a argamassa de

revestimento teve seu preparo em betoneira. Porém uma das combinações teve sua argamassa de chapisco preparada em argamassadeira.

Apesar do número reduzido de combinações que alcançaram a resistência mínima exigida por norma, os resultados apresentados pelo chapisco Industrializado 1 se mostram superiores ao Convencional. Isto porque 17% das combinações apresentaram resistência igual ou superior a 0,20MPa, o que antes não ocorria, além de que os valores abaixo de 0,10MPa passaram a corresponder a 30% do total de combinações. Mais uma vez, assim como ocorrido no chapisco Convencional, dentre as combinações de mais baixa resistência de aderência estão todas aquelas em que o chapisco foi preparado em betoneira e curado aos 40°C.

Tabela 36: resistência de aderência dos sistemas revestimentos com argamassa de chapisco Industrializado 2

Chapisco Industrializado 2	Vento	Temp.	Arg.	Preparo Arg.	Resistência Aderência (MPa)*	Desvio (MPa)	C.V. (%)	Resist. por forma de ruptura (MPa)				
								C	D	E		
Chapisco Industrializado 2	Preparo Argamassadeira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,09	0,04	47,90	-	-	0,09	
				Ind. 1		0,26	0,13	51,00	-	-	0,26	
				Ind. 2		0,32	0,10	32,58	0,28	-	0,41	
			40°C	Conv. 2		0,29	0,11	38,01	0,30	-	0,23	
				Ind. 1		0,33	0,09	25,87	0,26	-	0,39	
				Ind. 2		0,30	0,12	39,65	0,13	-	0,33	
		COM	23°C	Conv. 1		0,13	0,04	31,19	-	-	0,13	
				Ind. 1		0,25	0,10	38,32	-	-	0,25	
				Ind. 2		0,20	0,09	45,85	0,19	-	0,44	
			40°C	Conv. 2		0,25	0,08	31,43	0,24	-	0,35	
				Ind. 1		0,31	0,08	26,26	0,33	-	0,28	
				Ind. 2		0,27	0,06	23,57	0,21	-	0,29	
	Preparo Betoneira	SEM	23°C	Conv. 1	betoneira	0,12	0,03	23,86	-	-	0,12	
				Conv. 2	betoneira	0,22	0,08	35,25	-	-	0,22	
				Ind. 1	betoneira	0,23	0,13	55,56	-	-	0,23	
					argamass.	0,21	0,06	27,95	-	-	0,21	
				Ind. 2	betoneira	0,18	0,07	39,65	0,18	-	0,18	
					argamass.	0,19	0,08	42,91	-	-	0,19	
		COM	40°C	Conv. 2	betoneira	0,07	0,03	42,43	0,07	-	0,07	
				Ind. 1	argamass.	0,06	0,02	40,97	0,06	-	0,06	
				Ind. 2	argamass.	0,07	0,03	34,79	0,07	-	0,09	
				23°C	Conv. 1	betoneira	0,13	0,05	41,10	-	-	0,13
					Conv. 2	betoneira	0,22	0,08	38,20	-	-	0,22
					Ind. 1	betoneira	0,26	0,09	33,53	-	-	0,26
argamass.	0,18	0,06	34,81	-		-	0,18					
Ind. 2	betoneira	0,17	0,08	44,87	0,12	-	0,21					
	argamass.	0,10	0,04	35,86	-	-	0,10					
	40°C	Conv. 2	betoneira	0,10	0,03	30,16	0,09	-	0,13			
Ind. 1		argamass.	0,09	0,03	28,70	0,06	-	0,10				
Ind. 2		argamass.	0,08	0,02	27,73	0,08	0,11	0,07				

\* média de 12 corpos-de-prova

Ra ≥ 0,30MPa  
  0,30MPa > Ra ≥ 0,20MPa  
  0,20MPa > Ra ≥ 0,10MPa  
 Ra < 0,10MPa

Forma de ruptura: C – interface argamassa/ chapisco; D – interface chapisco/ substrato; E – na argamassa.

Diferentemente do comportamento das demais argamassa de chapisco, as combinações com o Industrializado 2 que apresentaram resistência de aderência superior a 0,30MPa tiveram a argamassa de chapisco preparada em argamassadeira. Além disto, três destas combinações tiveram a cura da argamassa

de chapisco a 40°C, o que não havia ocorrido anteriormente e pode indicar o mesmo que o tipo de preparo.

Analisando as classes de resistência nas quais os resultados foram divididos, pode-se concluir que as combinações compostas pela argamassa de chapisco Industrializado 2 obtiveram os melhores resultados. Isto porque a apresentam o menor número de combinações com resistência de aderência abaixo de 0,10MPa (20%) e o maior número com resistência igual ou superior a 0,20MPa, porém inferior a 0,30MPa (37%).

A fim de verificar se o efeito das variáveis independentes e suas interações na resistência de aderência conforme constatado através dos valores médios é estatisticamente significativo, realizou-se análise de variância (ANOVA). Para esta foram descartadas as combinações compostas pela argamassa Convencional 1, já que esta foi substituída no decorrer do trabalho pela argamassa Convencional 2, de traço mais rico, e por isto, não foi testada aplicada sobre as argamassas de chapisco curadas a uma temperatura de 40°C, o que impede a análise estatística de todas as variáveis combinadas.

As variáveis modo de preparo da argamassa de chapisco e modo de preparo da argamassa de revestimento, apesar de inicialmente não terem sido consideradas foco do trabalho, mostraram-se influentes em diversos ensaios de caracterização, e por isto também foram consideradas como influentes na resistência de aderência. No entanto estas foram analisadas separadamente das demais variáveis, e foi considerado apenas o efeito isolado de cada. Isto pelo fato da argamassa convencional ter seu preparo apenas em betoneira, não existindo combinações de seu preparo em argamassadeira, o que também impede a análise estatística das interações.

Os resultados obtidos na análise estatística de variância considerando o efeito isolado das variáveis tipo de argamassa de chapisco, tipo de argamassa de revestimento, ação do vento e ação da temperatura na cura da argamassa de chapisco, bem como a interação entre elas, podem ser visualizados na Tabela 37.

Tabela 37: análise de variância (ANOVA) do efeito isolado e interação das variáveis na resistência de aderência dos sistemas de revestimento

Variável	GLD	MQ	F (calc)	Valor-p	Significância
Tipo de Chapisco	2	0,395489	46,13178	1,22943E	<b>S</b>
Tipo de Argamassa	2	0,151411	17,66131	3,18036E	<b>S</b>
Ação do Vento	1	0,034713	4,049149	0,044545	<b>S</b>
Ação do Calor	1	1,205137	140,573	7,08987E	<b>S</b>
Chapisco x Argamassa	4	0,081343	9,488217	1,72991E	<b>S</b>
Chapisco x Vento	2	0,016682	1,945923	0,143565	N
Argamassa x Vento	2	0,017426	2,032663	0,131696	N
Chapisco x Calor	2	0,124702	14,54585	6,31793E	<b>S</b>
Argamassa x Calor	2	0,042594	4,968328	0,007182	<b>S</b>
Vento x Calor	1	0,05668	6,61144	0,010321	<b>S</b>
Chap x Arg x Vento	4	0,009531	1,11174	0,349741	N
Chap x Arg x Calor	4	0,120331	14,03603	4,68686E	<b>S</b>
Chap x Vento x Calor	2	0,001573	0,183539	0,832356	N
Arg x Vento x Calor	2	0,002594	0,302581	0,738997	N
Arg x Chap x Vento x Calor	4	0,001926	0,224608	0,924692	N
ERRO	761	0,008573	-	-	-

GLD – Grau de Liberdade; MQ – média quadrática; F (calc) – valor calculado de F; S – Efeito/Valor significativo; NS – Efeito/Valor Não Significativo.

A análise de variância (ANOVA) demonstrou que todas as variáveis independentes isoladamente influenciam de forma significativa na variável de resposta resistência de aderência. As Figuras 55 a 58 apresentam os respectivos gráficos com as médias calculadas.

A Figura 55 demonstra o efeito isolado do tipo de argamassa de chapisco na resistência de aderência, comprovando ser o chapisco Convencional responsável média mais baixa, seguido do Industrializado 1 e Industrializado 2. Este comportamento foi idêntico ao apresentado na resistência à compressão e tração na flexão e, assim, pode ser justificado em função dele. Considerando que a argamassa de chapisco de maior resistência (industrializada 2) possa ser a mais rica (já que, embora seja a de maior resistência, é a de maior relação água/materiais secos e maior teor de ar incorporado) e que o fluxo de transporte de água para promover a aderência seja semelhante, o chapisco com maior teor de cimento justifica a maior resistência de aderência.



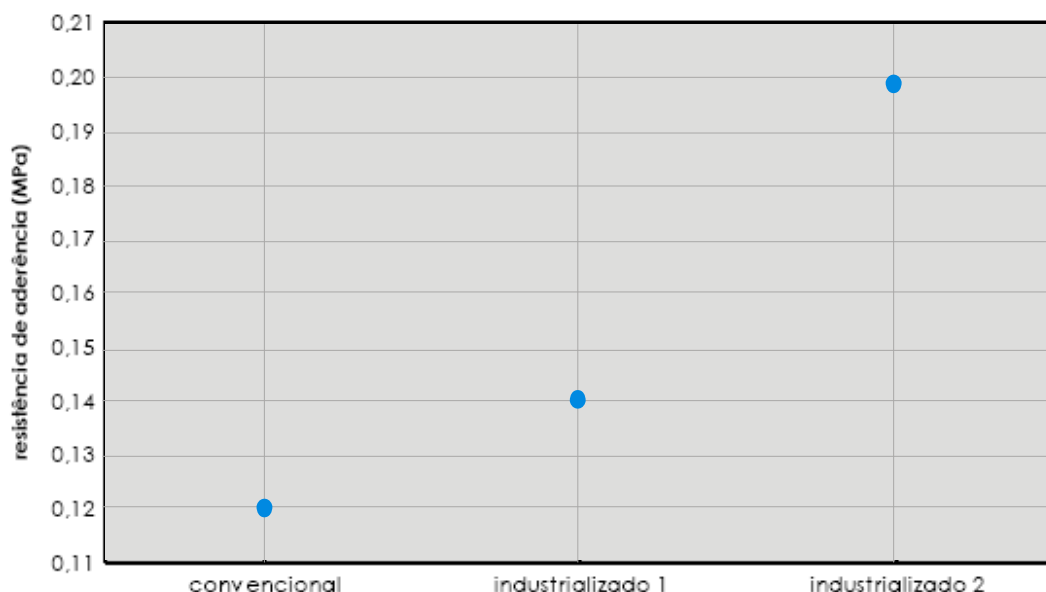


Figura 55: influência do tipo de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento

Candia (1998) obteve a mesma relação de superioridade de resistência de aderência de combinações com chapisco industrializado aplicado com desempenadeira denteada em relação às combinações com chapisco comum (traço 1:3 em volume para areia úmida). Os valores obtidos pelo autor foram 0,34MPa e 0,25MPa (argamassa de revestimento industrializada e dinamômetro de tração para arrancamento), 0,12MPa e 0,07MPa (argamassa de revestimento convencional com proporcionamento cimento:cal:areia 1:1:6 em volume e mesmo equipamento de arrancamento), 0,41MPa e 0,28MPa (argamassa industrializada e alavanca de tração) e 0,17MPa e 0,14MPa (argamassa convencional e mesmo equipamento).

Quanto à influência do tipo de argamassa de revestimento, demonstrada na Figura 56, a análise estatística demonstrou que a argamassa Industrializada 2 foi a responsável pela mais baixa média de suas combinações. As demais argamassas de revestimento apresentaram médias superiores à Industrializada 2 e bastante semelhantes, com variação inferior a 0,01MPa de resistência de aderência. Esta variação pode ser justificada pelo maior teor de ar incorporado apresentado pela argamassa Industrializada 2, o que acarretaria em uma interface camada de preparo/ camada de revestimento com maior quantidade de vazios, reduzindo a extensão de aderência (CARASEK, 1996). Também, o comportamento apresentado pode ser justificado pela maior capacidade de retenção de água da argamassa

Industrializada 2, dificultando o transporte de água nos momentos iniciais à aplicação e desfavorecendo a aderência.

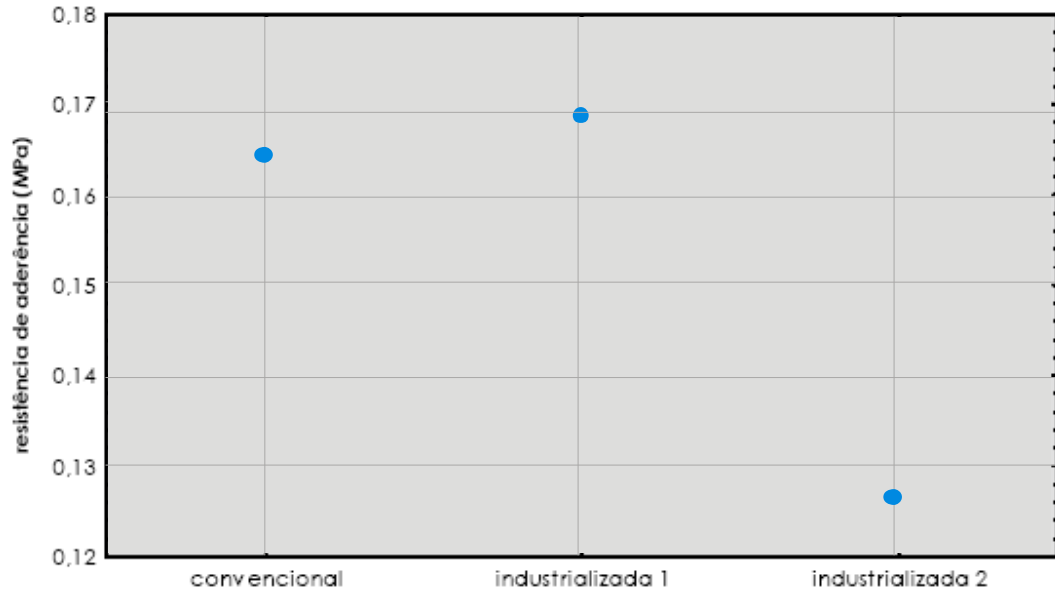


Figura 56: influência do tipo de argamassa de revestimento na resistência de aderência do sistema

Carasek (1996) estudou 6 argamassas, sendo 3 convencionais e 3 industrializadas. O tipo de argamassa também mostrou-se significativo na resistência de aderência do sistema, que neste caso era formado pelo substrato (blocos cerâmicos ou de concreto) e argamassa de revestimento. De forma semelhante, a autora encontrou mais baixos resultados de aderência para as argamassas industrializadas, com exceção da argamassa convencional de mais baixo teor de cimento. Neste caso, não foi encontrada relação do teor de ar incorporado com a resistência de aderência, apenas relação do teor de cimento: quanto maior o teor de cimento, maior a resistência de aderência.

Considerando a primeira variável definida na cura inicial de três dias da camada de preparo em argamassa de chapisco, a ação do vento mostrou influenciar de forma significativa a resistência de aderência do revestimento, agindo de forma a reduzi-la (Figura 57). Esta queda de resistência de aderência pela ação do vento pode ser justificada pela secagem do material, o que acarretaria em dois efeitos. Poderia ocasionar a insuficiência de água para o transporte dos produtos da hidratação do cimento do chapisco para o substrato, o que tornaria esta interface

mais frágil que as demais. Também, a secagem da argamassa de chapisco poderia ocasionar uma maior absorção da água da argamassa de revestimento, impedindo a formação completa dos produtos de hidratação da última, tornando-a mais frágil.

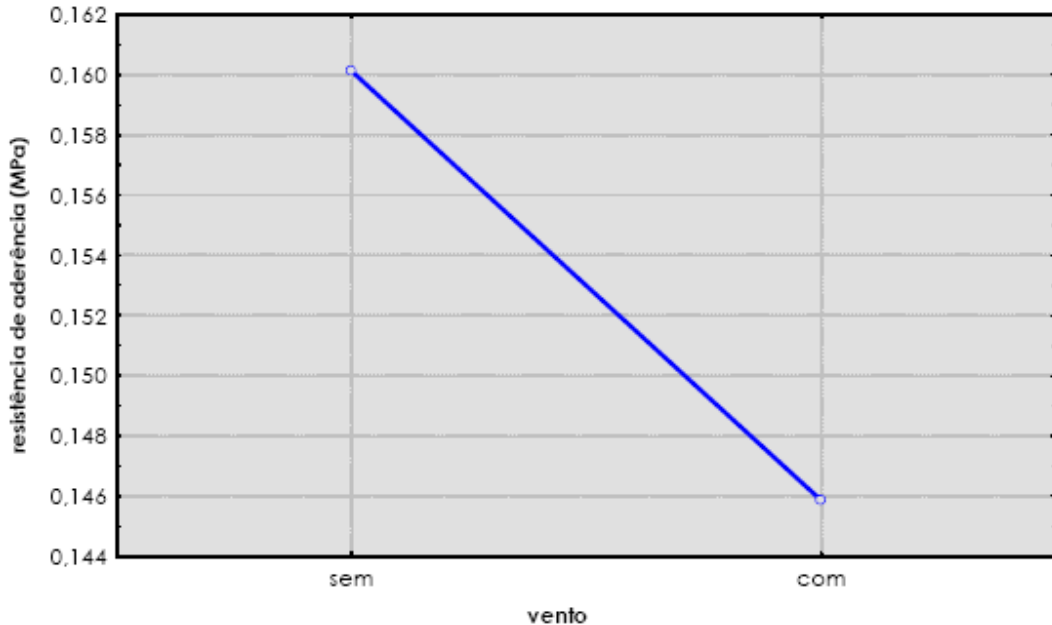


Figura 57: influência da ação do vento na resistência de aderência do sistema revestimento

A ação da temperatura elevada na cura da argamassa de chapisco, demonstrada na Figura 58, também se mostrou significativamente influente na resistência de aderência do sistema, contribuindo com uma queda de resistência, quando da ação do calor, de aproximadamente 0,08MPa, variação esta que se aproxima a seis vezes a variação resultante da ação do vento. Este efeito mais pronunciado é resultado da secagem do material ocorrer juntamente com a hidratação acelerada, que é responsável pela formação de produtos mais frágeis.

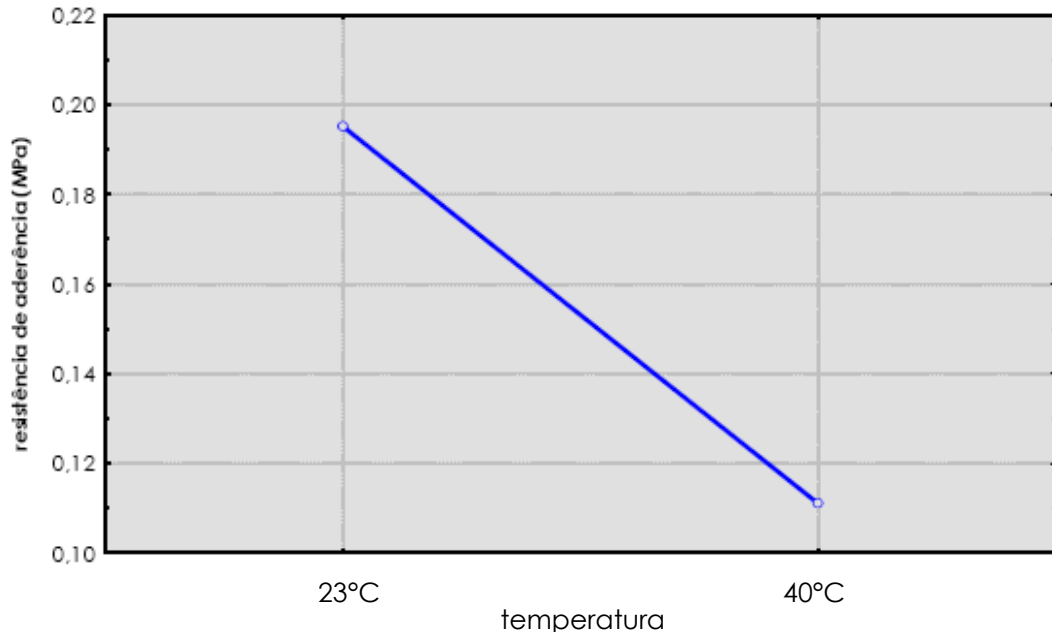


Figura 58: influência da ação da temperatura na resistência de aderência do sistema revestimento

A influência significativa da ação da temperatura elevada já havia sido verificada nos ensaios de tração na flexão e compressão de corpos-de-prova de argamassa de chapisco curados sob as mesmas condições. Frente a isto, pode-se atribuir a queda da resistência de aderência à própria fragilidade da argamassa de chapisco, o que resultaria na ruptura em sua camada. Junto a isto, a causa da fragilidade da argamassa de chapisco é caracterizada pelo mesmo efeito da ação do vento, a secagem do material que acarreta em menos produtos de hidratação e mais vazios. Isto tem efeito sobre a conformação das interfaces, que podem também se tornar zonas frágeis do sistema pela falta (interface substrato/argamassa de chapisco) ou excesso (interface chapisco/argamassa de revestimento) de água transportada. A fim de ilustrar distintas conformações de interfaces, serão apresentadas como exemplo algumas micrografias no item 5.4.2.

A partir das formas de ruptura obtidas nas combinações onde a argamassa de chapisco foi curada sob a ação da temperatura elevada, é reforçada a idéia de que tanto a camada do chapisco quanto a interface entre ela e a camada de revestimento são pontos frágeis do sistema. Isto porque 42% dos corpos-de-prova (a forma de ruptura com segunda maior ocorrência corresponde a 22%) apresentaram mesma forma de ruptura combinada no chapisco mais a interface chapisco/ argamassa. Esta forma de ruptura foi bastante característica,

principalmente nas combinações com os chapiscos Industrializados, onde as nervuras mantinham-se aderidas à argamassa de revestimento e eram arrancadas da camada de chapisco e nas reentrâncias de menor espessura a ruptura ocorria na interface.

As Figuras 59(a) e 59(b) mostram esta forma de ruptura predominante nas combinações onde o chapisco foi curado com temperatura elevada, estando a primeira ilustrando corpos-de-prova arrancados e a segunda uma posição ocupada no prisma.



Figura 59: forma de ruptura combinada no chapisco mais na interface argamassa de chapisco/argamassa de revestimento (a) nos corpos-de-prova ensaiados e (b) em um local correspondente no prisma

Passando a analisar os efeitos das interações das variáveis na resistência de aderência do sistema revestimento, a análise de variância (ANOVA) mostrou ser significativa a interação dos diferentes tipos de argamassa de chapisco e de revestimento, as interações entre o calor e as outras três variáveis, e também a interação deste com a primeira interação verificada. Isto demonstra que a ação da temperatura elevada na cura da argamassa de chapisco não só influenciou diretamente a resistência de aderência, como também as demais variáveis apresentaram diferentes reações frente sua ação.

A Figura 60 ilustra a primeira interação significativa, entre os tipos de argamassa de chapisco e de revestimento. Esta demonstra que os tipos de argamassas de

revestimento apresentam comportamentos diferentes quanto à resistência de aderência do sistema frente às variações dos tipos de argamassa de chapisco. Isto é observado especialmente na argamassa de revestimento Convencional comparada com as Industrializadas, que apresentaram variação de resistência semelhante quando alterado o tipo de chapisco.

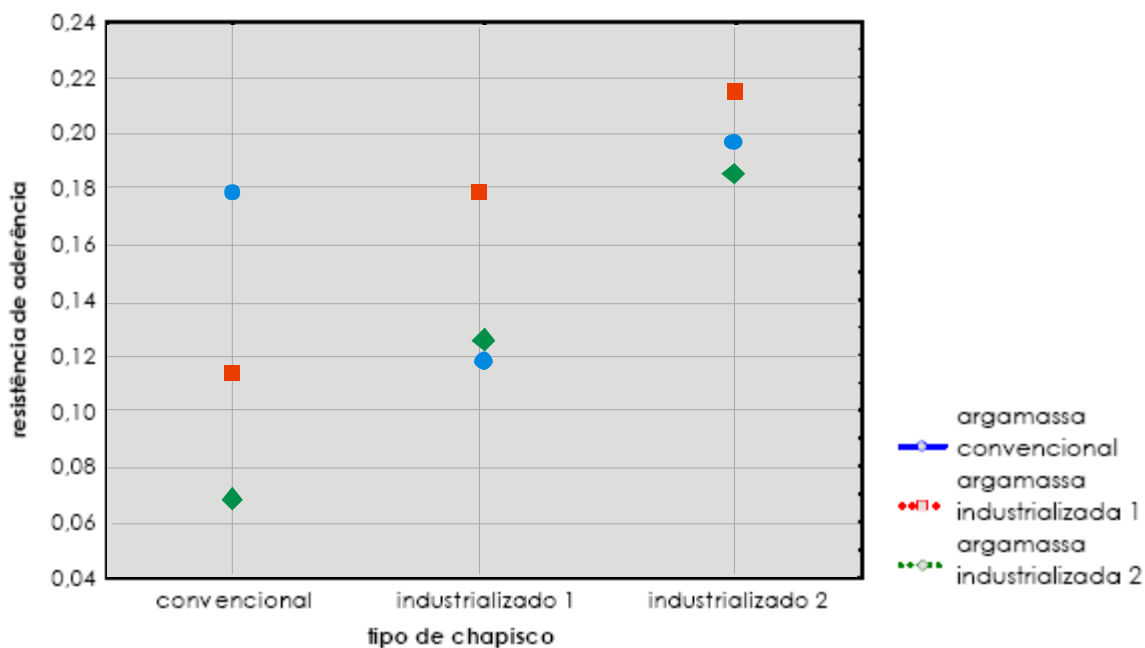


Figura 60: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de chapisco e tipo de argamassa de revestimento na resistência de aderência do sistema

Nas combinações formadas pelo chapisco Convencional, a argamassa de revestimento Convencional apresentou a maior média de resistência de aderência, e também com este chapisco as argamassas de revestimento apresentaram as maiores variações nos resultados. Já com o chapisco Industrializado1 a argamassa Convencional passou a apresentar a mais baixa média, estando esta próxima à média da argamassa Industrializada 2. Por fim, nas combinações formadas pelo chapisco Industrializado 2, a argamassa Convencional, embora tenha apresentado sua maior média, apresentou valor intermediário aos demais. Além disto, observa-se que a variação entre os três tipos de argamassa é pequena.

Considerando, portanto, que a análise do efeito isolado do tipo de argamassa de revestimento apresentou como maior média a argamassa Industrializada 1, seguida da Convencional e da Industrializada 2, e que esta seqüência foi da mesma forma

apresentada pela interação com o chapisco Industrializado 2, pode-se concluir que as argamassas de revestimento são menos sensíveis à influência deste tipo de chapisco e mais sensíveis ao convencional.

Buscando justificar o comportamento da interação entre as variáveis tipo de argamassa de chapisco e de revestimento, foi verificada a forma de ruptura das combinações. A forma de ruptura predominante foi na argamassa, independentemente do tipo de argamassa de chapisco e revestimento. Com isto não é possível justificar o comportamento da interação entre as argamassas, pois este pode ser resultado da constituição da própria argamassa de revestimento, ou da sua conformação resultante após o contato com a argamassa de chapisco, que através de sua absorção deixaria a argamassa mais ou menos fraca, resultando na ruptura em sua camada.

Quanto às interações da variável ação da temperatura na cura da argamassa de chapisco, os resultados da análise estatística são apresentados nas Figuras 61 a 64.

Através da Figura 61 observa-se que os diferentes tipos de argamassa de chapisco apresentam também diferente comportamento frente à influência da temperatura elevada em sua cura. Apesar da resistência de aderência das combinações com os três chapiscos terem apresentado queda quando estes foram curados a uma temperatura de 40°C, no caso do chapisco Industrializado 2, esta perda foi menos pronunciada em relação aos demais.

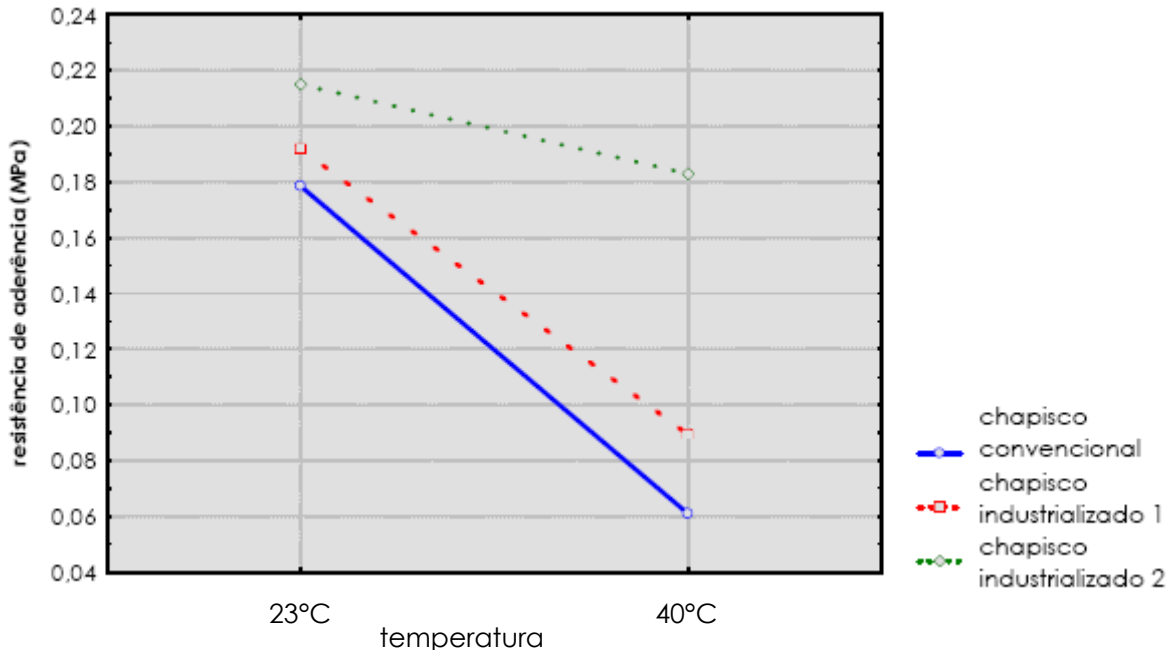


Figura 61: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de chapisco e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento

Esta mesma interação, quando verificada nas resistências à tração na flexão e à compressão de corpos-de-prova, não se apresentou significativa, o que é um indicativo de que a ação da temperatura provoca maiores variações não nas propriedades do chapisco, mas sim nas propriedades do sistema, provavelmente pela maior área de exposição e menor espessura da camada de preparo em relação a um corpo-de-prova, o que acarretaria uma maior perda de água por secagem. Isto sugere que a ação da temperatura, assim como a ação do vento, preferencialmente ocasionou a secagem do material de forma a limitar o transporte de água da argamassa de chapisco para o substrato ou a intensificar entre o primeiro e a argamassa de revestimento.

Também, estes resultados indicam que a avaliação do sistema revestimento não pode se dar através da verificação isolada do desempenho dos materiais que o compõe, pois estes não só apresentam comportamento distinto quando componentes de um sistema, como são causadores de variações nos demais materiais com os quais fazem interface.

Através da Figura 62 verifica-se que, assim como a argamassa de chapisco Industrializada 2 foi menos sensível à ação da temperatura elevada, com as



argamassa de revestimento o comportamento diferenciado foi apresentado pela argamassa Convencional, que mostrou-se mais sensível a influência dos chapiscos curados à 40°C, apresentado maior queda de resistência de aderência. Isto pode ser justificado pelas propriedades desta argamassa que, embora como sistema juntamente aos chapiscos curados a 23°C tenha sido responsável pela mais alta média, apresentou os valores mais baixos de resistência à tração na flexão e à compressão. Por ser o material mais frágil estaria mais suscetível à ação de um chapisco curado ao calor.

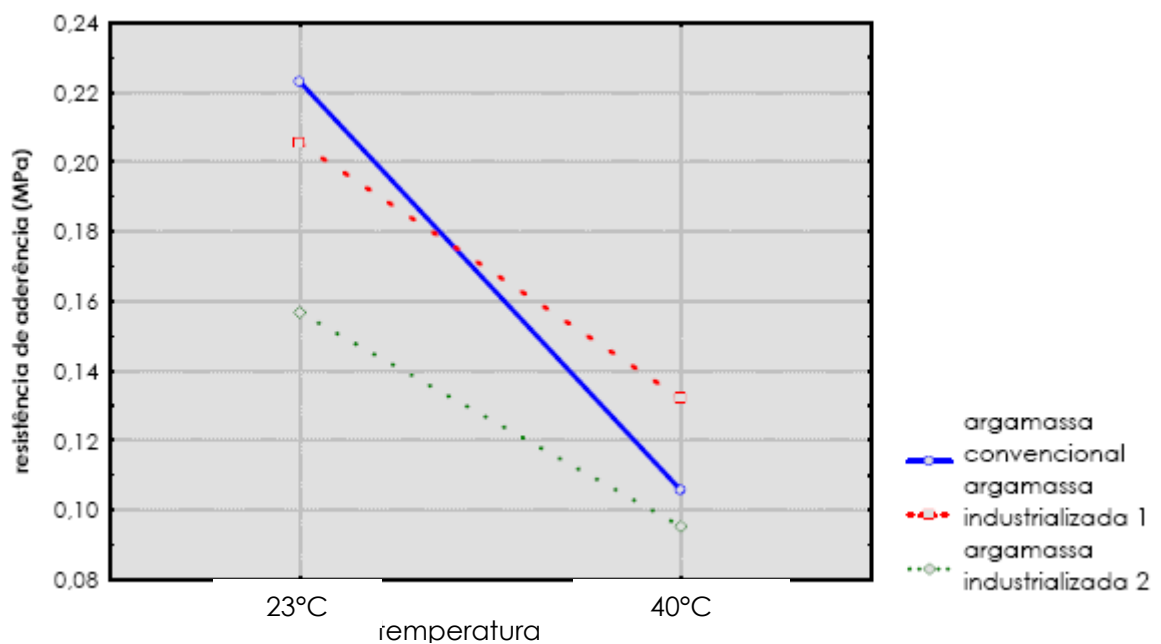


Figura 62: efeito da interação das variáveis tipo de argamassa de revestimento e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento

A Figura 63, referente a interação dos efeitos do vento e da temperatura, demonstra que a variação de resistência de aderência encontrada entre as combinações com e sem a ação do vento na cura a 23° praticamente inexistente quando o calor atua. Com isto pode-se concluir que a ação da temperatura elevada predomina sobre a ação do vento, ou seja, embora a ação do vento também atue na queda de resistência, sem ela a queda gerada pelo calor é maior, podendo-se afirmar que, no caso da ação dos dois elementos, o que vai ditar o comportamento do sistema é a ação da temperatura.

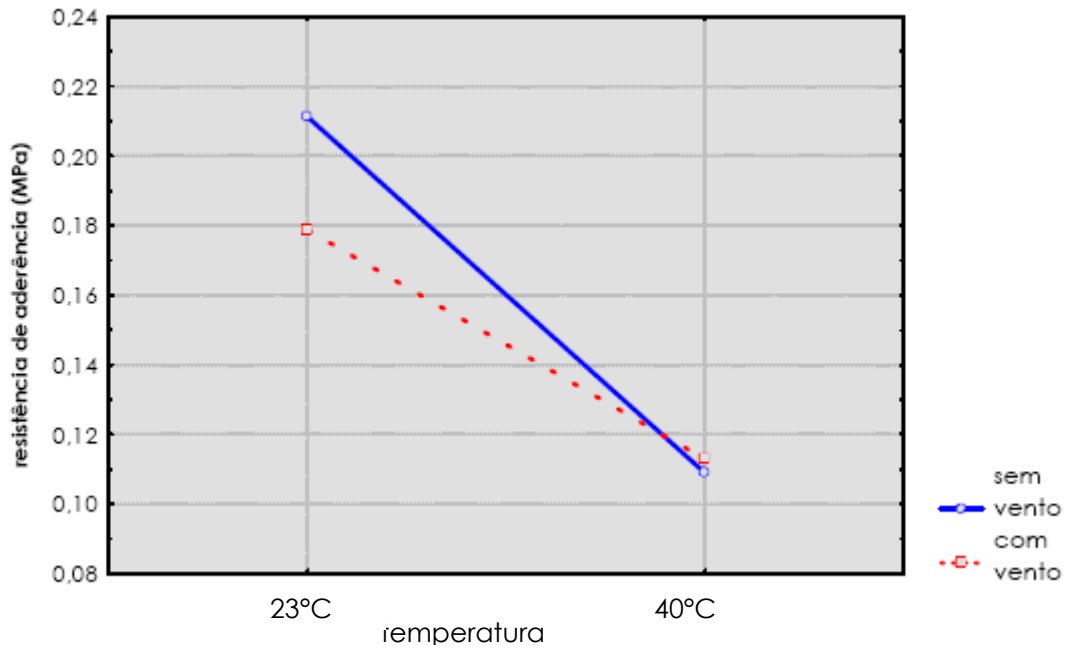


Figura 63: efeito da interação das variáveis ação do vento e ação da temperatura de cura da argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento

Fica comprovado que os diferentes tipos de argamassa de revestimento apresentam comportamento diferenciado frente aos diferentes tipos de argamassa de chapisco sobre os quais são aplicadas e, desta forma, respondem de diferentes formas (sendo esta resposta expressa na resistência de aderência do sistema) às alterações da camada de preparo em argamassa de chapisco decorrentes da cura a 40°C. Porém, com os ensaios e dados obtidos nesta pesquisa não é possível afirmar a real causa destas variações – se causadas em função de alterações nas propriedades dos materiais constituintes, pelo processo de hidratação do cimento e conformação da porosidade, ou ambos – elas apenas puderam ser identificadas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa objetivou analisar a influência das condições ambientais de cura – ventilação e temperatura – durante a cura da camada de preparo em argamassas de chapisco na aderência dos revestimentos externos de argamassa aplicados sobre substratos de concreto. Concluiu-se, portanto, que ambas as variáveis estudadas influenciam isoladamente de forma significativa na resistência de aderência, agindo na queda desta. Também se constatou que a interação das duas variáveis também influencia de forma significativa na queda de resistência, sendo o efeito do calor predominante sobre o do vento, ou seja, quantitativamente o calor é responsável por uma maior variação de resistência, e as combinações curadas com calor não apresentaram variação de resistência entre aquelas curadas com e sem vento.

Quanto à ação das condições de cura interagindo com as diferentes combinações, concluiu-se que apenas o calor exerce influência significativa na resistência de aderência das mesmas. Em todas as combinações formadas pelos três tipos de argamassa de chapisco e de revestimento, o efeito do calor resultou na queda de resistência, sendo que foi observada maiores quedas nas combinações formadas pela argamassa de chapisco Convencional com argamassa de revestimento Convencional (variação de 0,25MPa), chapisco Industrializado 1 com argamassa Industrializada 1 (variação de 0,15MPa) e chapisco Industrializado 2 com argamassa Industrializada 1 (variação de 0,12MPa).

Os diferentes tipos de materiais utilizados também apresentaram efeito nas resistências de aderência dos sistemas. Foi demonstrado que, embora as maiores resistências alcançadas correspondam às combinações de mesmo tipo de chapisco e argamassa, dentre as argamassas de chapisco as combinações que alcançaram maiores resistências médias foram aquelas formadas pelo chapisco Industrializado 2, seguido do Industrializado 2 e do Convencional. Já para as argamassas de revestimento inverte-se a ordem, tendo sido as maiores resistências alcançadas pela argamassa Industrializada 1 seguida da Convencional e da Industrializada 2.

De uma forma geral, apesar de verificadas as influências das variáveis definidas neste trabalho, os resultados obtidos confirmaram a variabilidade das argamassas de revestimento já relatadas em trabalhos anteriores. Também, apesar do rígido controle na execução e cura de todo o programa experimental, foram verificados resultados insatisfatórios, comprovando que ainda existem elementos não controláveis ou não conhecidos a serem estudados. Apesar disto, concluiu-se que os sistemas de melhor desempenho foram aqueles de mesma natureza (materiais dosados em obra ou de mesmo fabricante), comprovando a importância da avaliação de sistemas e não de materiais isolados.

A comprovada e já conhecida influência da temperatura elevada, comum no verão da cidade de Porto Alegre, e a influência da ação do vento, ainda pouco estudada e desconhecida na realidade dos canteiros de obra, atentam para uma preocupação pouco decorrente: a cura controlada da camada de preparo em argamassa de chapisco. Esta cura controlada, por exemplo, poderia ser feita através da cura úmida, garantindo assim o equilíbrio entre a umidade necessária para a hidratação do cimento e a umidade perdida por evaporação (natural ou forçada pela ação do calor e vento). Embora sejam variáveis não controláveis, deve-se, por esta razão, buscar minimizar seus efeitos. Para tanto, é imprescindível que o foco de preocupações e investigações não seja apenas algum material de forma isolada, como ocorre com as argamassas de revestimento, e sim todos aqueles que compõem o sistema, bem como, e principalmente, a interação entre eles e com os fatores externos.

## 7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Esta pesquisa avaliou a influência da ventilação e temperatura na cura da camada de preparo em argamassa de chapisco na resistência de aderência do sistema revestimento. Dentro desta mesma linha de pesquisa, sugere-se que sejam investigadas questões que não puderam ser comprovadas nesta pesquisa. Uma destas questões é, partindo da premissa que o vento e o calor atuam na secagem da argamassa de chapisco, quantificar esta perda de água. Esta verificação poderia ser feita através de sucessivas pesagens de placas com a argamassa de chapisco aplicada, durante o período de cura da mesma, de forma que fosse possível traçar um perfil do transporte de água.

Também, ainda avaliando o efeito do vento e temperatura da cura da argamassa de chapisco, sugere-se que seja verificado qual fator exerce maior influência na queda de resistência de aderência como consequência da cura, se a alteração nas propriedades dos materiais constituintes pelo processo de hidratação do cimento ou se a conformação da porosidade.

Para as argamassas de revestimento, foi verificada apenas a influência que esta cura diferenciada da camada de preparo exerceu na interface e na camada de revestimento como componente de um sistema. Assim, sugere-se que seja estudada a influência destas condições de cura na camada de revestimento, de forma isolada e combinada com a cura sob mesmas condições da argamassa de chapisco.

Sugere-se também que seja verificada a influência das condições de cura utilizadas nesta pesquisa para argamassa de chapisco e revestimento aplicadas sobre substratos porosos de alta absorção, como o cerâmico. Considerando que as ações do vento e temperatura elevada atuam na secagem da argamassa de chapisco, é interessante verificar se um substrato de alta absorção intensificaria este efeito. Com isto seria impedida a hidratação completa do cimento, tornando a camada frágil e reduzindo a resistência de aderência do sistema, mesmo que as interfaces apresentem boa aderência.

Sabe-se que o mecanismo de aderência dos revestimentos se dá basicamente pelo transporte de água com o cimento que hidratará e precipitará nos poros do

substrato, porém este mecanismo é pouco estudado; sabe-se como ocorre, porém quando estudados sistemas de revestimento é apenas utilizado como embasamento teórico que justifique algum comportamento. Assim, é necessário que se estude, caracterize e quantifique este transporte de água. Também, é importante que se avalie a influência exercida por diferentes tipos de substratos, argamassas de chapisco e revestimento, a partir de suas propriedades no estado fresco (para as argamassas) e endurecido, no transporte de água.

## REFERÊNCIAS

AFRIDI, M. U. K.; OHAMA, Y.; M.; ZAFAR IQBAL, M.; DEMURA, K. Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars. **Cement and Concrete Composites**, n. 17, p. 113-118. 1995.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. 2002. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Brasília, Brasília.

ANGELIM, R. R. Eficiência do preparo do substrato de blocos cerâmicos com solução de cal na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 530-539.

ARAFAH, A.; ALZAID, R.; AL-HADDAD, M. Influence of non-standard curing on the strength of concrete in arid areas. **Cement and Concrete Research**, n. 26, p. 1341-1350, september. 1996.

ARAÚJO JUNIOR, J. M. **Contribuição ao Estudo das Propriedades Físico-Mecânicas das Argamassas de Revestimento**. 2004. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.736**: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5.738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 5.739**: Concreto – Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 7.200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR 7.212**: Execução de concreto dosado em central. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 7.215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 8.802**: Concreto Endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.528:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13.529:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.258:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimentos de argamassa.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 82 p.

BASTOS, P. K. X. Módulo de deformação de argamassas – conceitos e métodos de determinação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. p. 27-40.

BASTOS, P. K. X. **Retração e Desenvolvimento de Propriedades Mecânicas de Argamassas Mistas de Revestimento.** 2016. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BAUER, E.; PAES, I. L. Avaliação da movimentação e fixação de água em argamassas mistas para substratos porosos, nos momentos iniciais (pós-aplicação). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. v. 2, p. 900-907.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção 1.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1987. 403 p.

BAUER, R. J. F. **Materiais de construção 2.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1992. 349 p.



BAUER, R. J. F.; CURTI, R.; MARTINS, A. Estudo de característica física e mecânica do concreto pelo efeito de vários tipos de cura. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 41., 1999, Salvador. **Anais...** Salvador, 1999. p. 165.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 1.881: Part 209**: Recommendations for Measurement of Dynamic Modulus of Elasticity. London, 1990.

ÇAKIR, Ö; AKÖZ, F. Effect of curing conditions on the mortars with and without GGBFS. **Construction and Building Materials**, article in press, august. 2006.

CAMARINI, G. Cura térmica: características do início de hidratação dos cimentos com escória. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 4., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1996. v.1, p. 21-36.

CANDIA, M. C. **Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa**. 1998. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. Avaliação do tipo de preparo da base nas características superficiais do substrato e dos revestimentos de argamassa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000. v. 2, p. 900-907.

CARASEK, H. **Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Substratos Porosos – Avaliação dos Fatores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo da Ligação**. 1996. 285 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARNEIRO, A. M. P. **Revestimento Externo em Argamassa de Cimento, Cal e Areia – Sistemática das Empresas de Construção Civil de Porto Alegre**. 1993. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao Estudo da Influência do Agregado nas Propriedades de Argamassas Compostas a Partir de Curvas Granulométricas**. 1999. 213 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. Requisitos e critérios de desempenho para revestimentos de camada única em argamassa de cimento e cal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1995. p. 326-337.

CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Bond strength in Masonry Construction. **Technical note**, n. 65, p. 1-8, may. 2001.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Comportement à l'humidité des éléments de construction, application aux toitures. **Revue**, n. 1, p. 7-12. 1982.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: ANTAC, 2005. 96 p.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO DE PORTO ALEGRE. Projeto de racionalização das estruturas de concreto e revestimentos de argamassa. In: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 1., 2005, Porto Alegre. **Cd-rom...** Porto Alegre, 2005.

CORTEZ, I. M. M. **Contribuição ao Estudo dos Sistemas de Revestimento a Base de Argamassa com a Incorporação de Fibras Sintéticas**. 1999. 215 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

COURARD, L.; DARIMONT, A.; SCHOUTERDEN, M.; FERAUCHE, F.; WILLEM, X.; DEGEIMBRE, R. Durability of mortars modified with metakaolin. **Cement and Concrete Research**, n. 33, p. 1473-1479, february. 2003.

DAFICO, D. A.; FERRO, K. M. S.; CAVALCANTE, M. C. O. Análise de desempenho de aditivos impermeabilizantes para argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

DO Ó, S. W. **Análise da Retenção de Água em Argamassas de Revestimento Aditivadas**. 2004. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

DUALIBE, R. P.; CAVANI, G. R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência à tração e permeabilidade à água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 508-517.

DUBAJ, E. **Estudo Comparativo Entre Traços de Argamassa de Revestimento Utilizadas em Porto Alegre**. 2000. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANISATION. Definition of Mortar. Disponível em: <<http://www.euromortar.com/moe02.html>> Acesso em: 22 jun. 2006.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e Fatores de Dispersão da Resistência de Aderência nos Revestimentos em Argamassa – Estudo de Caso**. 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

HALAMICKOVA, P.; DETWILER, R. J. Water permeability and chloride ion diffusion in Portland cement mortars: relationship to sand and critical pore diameter. **Cement and Concrete Research**, n. 25, p. 790-802, january. 1995.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 349 p.

HOFFMAN, A. T. **Influência da Adição de Sílica Ativa, Relação Água/Aglomerante, Temperatura e Tempo de Cura no Coeficiente de Difusão de Cloretos em Concretos**. 2001. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ISERHARD, J. L. R. F. **Contribuição ao estudo da viabilidade da cura do concreto por energia solar**. 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JASICZAK, J.; ZIELINSKI, K. Effect of protein additive on properties of mortar. **Cement and Concrete Composites**, article in press, december. 2005.

JOHN, V. M. Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. p. 47-62.

JOHN, V. M.; PASSOS GUIMARÃES, J. E.; RAGO, F. Desempenho de argamassas mistas e com aditivos orgânicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 1993. v. 1, p. 271-280.

KHALAF, F. M.; HENDRY, A. W.; FAIRBAIRN, D. R. Mechanical properties of materials used in concrete blockwork construction. **Magazine of Concrete Research**, London: Thomas Telford Services Ltda., v. 44, n. 158, p. 01-14, march. 1992.

KUO, W.; HUANG, J; LIN, C. Effects of organo-modified montmorillonite on strengths and permeability of cement mortars. **Cement and Concrete Research**, article in press, november. 2005.

LANAS, J.; SIRERA, R.; ALVAREZ, J. I. Study of the mechanical behavior of masonry repair lime-based mortars cured and exposed under different conditions. **Cement and Concrete Research**, article in press, december. 2005.

LION, M.; SKOCZYLAS, F.; LAFHAJ, Z.; SERSAR, M. Experimental study on a mortar. Temperature effects on porosity and permeability. Residual properties or direct measurements under temperature. **Cement and Concrete Research**, n. 35, p. 1937-1942, february. 2005.

LORENZETTI, U. V.; FREDEL, M. C.; GLEISE, P. Avaliação da eficiência dos procedimentos de cura na durabilidade do concreto: resistência à compressão, perda de massa e absorção de água por capilaridade. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2002, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos, 2002. v. 2, p. 115-127.

LOOSVELDT, H.; LAFHAJ, Z.; SKOCZYLAS, F. Experimental study of gas and liquid permeability of a mortar. **Cement and Concrete Research**, n. 32, p. 1357-1363, march. 2002.

MASCARÓ, L. R. **Energia na Edificação**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1991. 213 p.

MASUERO, A. B. **Estabilização das Escórias de Aciaria Elétrica com Vistas a sua Utilização como Substituição ao Cimento**. 2001. 264 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994. 573 p.

MÉLO, A. B.; SILVA, I. J.; LIBORIO, J. B. L. Influência da temperatura de cura no desenvolvimento da resistência à compressão de matrizes de cimentos Portland com adições: cálculos aproximados das contribuições parciais e individuais da escória de alto forno e da sílica ativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1999. v.2, p. 2-29.

- MENOU, A. **Étude du Comportement Thermomecanique des Betons a Haute Temperature: approche multi echelles de l'endommagement thermique**. 2004. 155 p. Thèse (Doctorat em Mécanique des Solides) – L' Université de Pau et des Pays de L'Adour.
- MIRANDA, L. F. R. **Estudo de Fatores que Influem na Fissuração de Revestimentos de Argamassa com Entulho Reciclado**. 2000. 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MOREIRA, E. B. **Influência do Índice de Absorção de Água de Blocos Cerâmicos e da Temperatura de Cura no Desempenho Mecânico das Argamassas de Revestimento**. 2005. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- NASCIMENTO, O. L.; MANSUR, A. A. P.; RIBEIRO, A. B.; MANSUR, H. S. Estudo da Influência de aditivo adesivo e de tipos de cimento na aderência chapisco em base de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 497-507.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: PINI, 1997. 828 p.
- PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-aplicação**. 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. Revestimento em argamassa: influência do substrato no transporte e fixação de água, nos momentos iniciais pós-aplicação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. p. 557-568.
- PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 466-476.
- PARAVISI, S. **Avaliação da Produção de Revestimento de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. 2007. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PAULO, R. S. V. M. N. **Caracterização de Argamassas Industriais**. 2006. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cerâmica e do Vidro) – Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- PEREIRA, P. C. **Influência da Cura no Desempenho de Revestimentos Produzidos com Argamassas Inorgânicas**. 2000. 243 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- PEREIRA, P. C.; CARASEK, H.; FRANCINETE JR., P. Influência da cura no desempenho de revestimentos com argamassas inorgânicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 477-486.

PEREIRA, P. C.; IKEDA, J. A.; IKEDA, N. A.; CAMPOS, C. O.; TEIXEIRA, L. M.; CARASEK, H. Teor de cimento ou a/c: quem exerce maior influência na resistência de aderência? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória, 1999. p. 489-502.

PÓVOAS, Y. V.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Influência da Perda de Água por Evaporação na Resistência de Aderência entre Argamassa Colante e Placa Cerâmica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: ANTAC, v. 2, n. 2, p. 7-18, abr/jun. 2002.

QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F.; OTA, S. Aplicação de método para identificação de aditivo em argamassa de cimento Portland. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES - PPGEC, 1999. p. 45-58.

QUARCIONI, V. A.; CINCOTTO, M. A. Influência da cal em propriedades mecânicas de argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 233-250.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. Influência do tipo de cal hidratada na reologia de pastas. **Boletim técnico**, n. 233. São Paulo, 1999.

RATTANADECHO, P.; SUWANNAPUM, N.; CHATVEERA, B.; ATONG, D.; MAKUL, N. Development of compressive strength of cement paste under accelerated curing by using a continuous microwave thermal processor. **Materials Science & Engineering**, article in press, march. 2007.

RESENDE, M. M.; BARROS, M. M. S. B.; MEDEIROS, J. S. A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2002, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos, 2002. v. 2, p. 115-127.

SANDIN, K. Mortars for Masonry and Rendering: choice and application. **Building Issues**, Lund, Sweden: Lund University, v. 7, n. 3, p. 03-18. 1995.

SANTOS, F. I. G.; CHERIAF, M.; ROCHA, J. C. Efeito dos parâmetros: incorporador de ar e teor de cinza pesada nas propriedades das argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2006.

SCARTEZINI, L. M. **Influência do Tipo e Preparo do Substrato na Aderência dos Revestimentos de Argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** 2002. 262 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. Avaliação da perda de água da argamassa fresca para o substrato por sucção capilar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. p. 251-264.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. p. 251-264.

SCARTEZINI, L. M.; JUCÁ, T. R.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. Influência do Preparo da Base na Aderência e na Permeabilidade à Água dos Revestimentos de Argamassa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: ANTAC, v. 2, n. 2, p. 85-92, abr/jun. 2002.

SCHUTTER, G.; POPPE, A.-M. Quantification of the water demand of sand in mortar. **Construction and Buildings Materials**, n. 18, p. 517-521, june. 2004.

SÉBAÏBI, Y.; DHEILLY, R. M.; QUÉNEUDEC, M. Study of the water-retention capacity of a lime-sand mortar: influence of the physicochemical characteristics of the lime. **Cement and Concrete Research**, n. 33, p. 689-696, october. 2004.

SILVA, N. G. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. 2006. 229 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, N. G.; CAMPITELI, V. C. Módulo de Elasticidade Dinâmico de Argamassas de Revestimento. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2006.

SILVA, V. S. **Aderência de Chapiscos em Concretos Estruturais – Melhoria da Microestrutura da Zona de Interface Pela Adição da Sílica da Casca de Arroz**. 2004. 229 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. Análise microestrutural da interface chapisco/argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 487-496.

TAN, K.; GJORV, O. E. Performance of concrete under different curing conditions. **Cement and Concrete Research**, n. 26, p. 355-362, march. 1996.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F.; RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. B.; SABBATINI, F. H. Avaliação da influência das condições de execução do emboço na resistência de aderência do revestimento cerâmico interno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005. p. 454-465.

TOLENTINO, E.; VASCONCELOS, W. L. Estudo sobre a influência de um tratamento térmico sobre a estrutura de amostras de concreto de cimento Portland, utilizando porosimetria de mercúrio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1999.

TRISTÃO, F. A. **Influência da Composição Granulométrica da Areia nas Propriedades das Argamassas de Revestimento**. 1995. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VIEIRA, F. M. P.; KAZMIERCZAK, C. S.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. Influência dos tipos de substrato e argamassa na aderência dos revestimentos de argamassa.

In: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 1., 2005, Porto Alegre. **Cd-rom...** Porto Alegre, 2005.

XU, Z.; TANG, M.; BEAUDOIN, J. J. Relationships between composition, structure and mechanical properties of very low porosity cementitious systems. **Cement and Concrete Research**, n. 23, p. 187-195. 1993.

WILLIAMS, D. A.; SAAK, A.; JENNINGS, H. M. The influence of mixing on the reology of fresh cement paste. **Cement and Concrete Research**, n. 29, p. 1491-1496, june, 1999.

ZHANG, G.; SONG, J.; YANG, J.; LIU, X. Performance of mortar and concrete made with a fine aggregate of desert sand. **Building and Environment**, article in press. 2005.

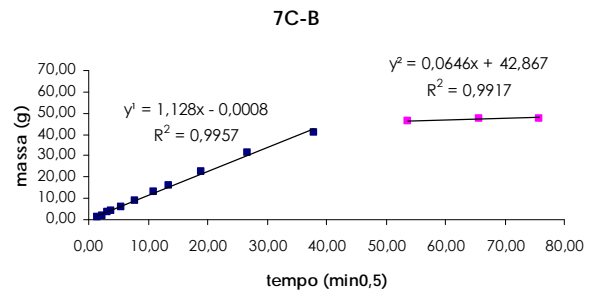
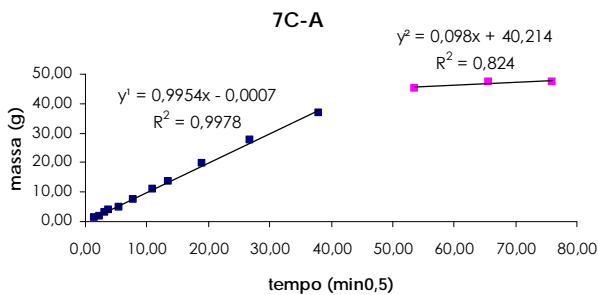
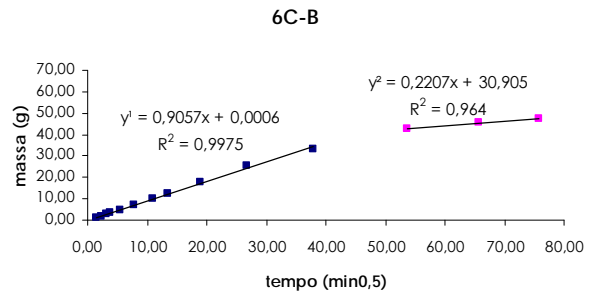
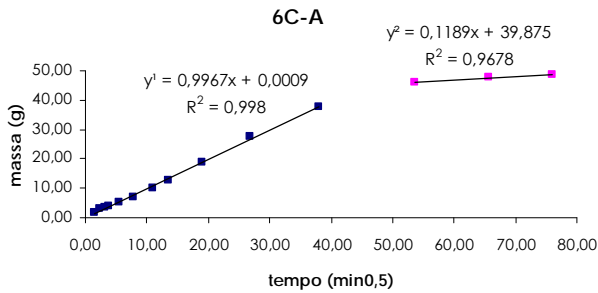
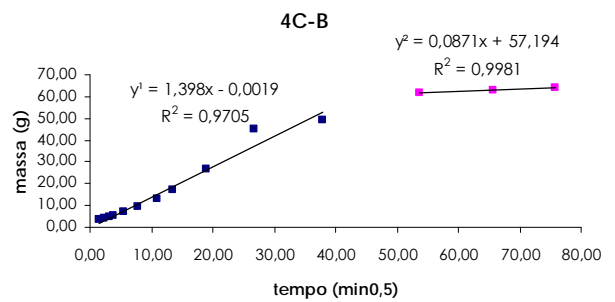
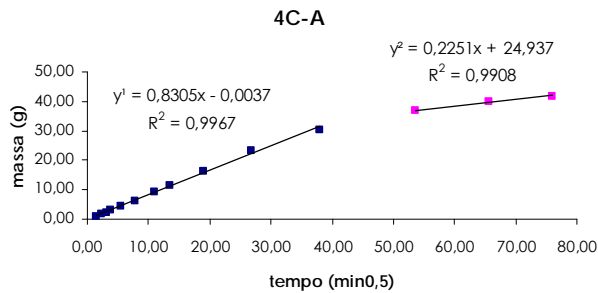
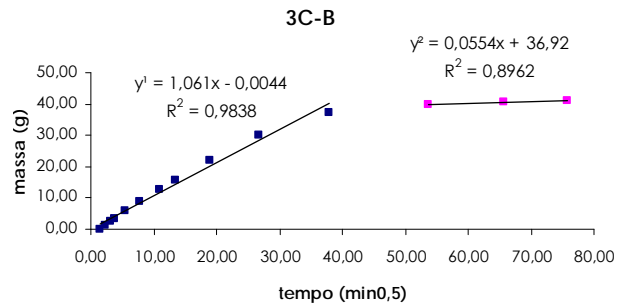
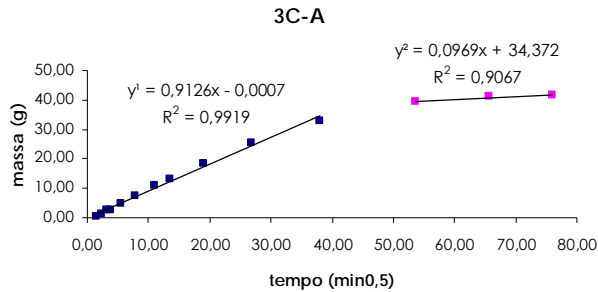
## APÊNDICES



**APÊNDICE A – RESISTÊNCIAS INDIVIDUAIS DOS CORPOS-DE-PROVA DE  
CONCRETO ROMPIDOS À COMPRESSÃO**

Concr. Dia	Abat. (mm)	Ruptura Dia	Cp	Carga (KN)	Resistênci (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	C.V. (%)
1	12,00	26/06/06	1	263,00	37,10	37,06	0,36	0,96
29/05/06			2	260,00	36,68			
			3	265,00	37,39			
2	12,50	03/07/06	1	286,00	40,35	37,76	2,28	6,04
05/06/06			2	261,50	36,89			
			3	255,50	36,05			
3	12,00	10/07/06	1	282,00	39,78	40,96	1,06	2,58
12/06/06			2	292,50	41,27			
			3	296,50	41,83			
4	13,50	17/07/06	1	267,00	37,67	37,17	0,92	2,47
19/06/06			2	256,00	36,12			
			3	267,50	37,74			
5	13,00	24/07/06	1	277,50	39,15	40,00	0,76	1,91
26/06/06			2	285,00	40,21			
			3	288,00	40,63			
6	12,50	31/07/06	1	287,50	40,56	39,55	2,00	5,06
03/07/06			2	289,50	40,84			
			3	264,00	37,24			
7	12,50	21/08/06	1	227,00	32,02	32,57	1,45	4,46
24/07/06			2	223,00	31,46			
			3	242,50	34,21			
8	13,00	28/08/06	1	259,50	36,61	35,25	1,38	3,90
31/07/06			2	250,00	35,27			
			3	240,00	33,86			
9	15,00	18/09/06	1	250,00	35,27	35,18	0,71	2,02
21/08/06			2	254,00	35,83			
			3	244,00	34,42			
10	11,00	25/09/06	1	265,00	37,39	37,10	1,09	2,93
28/08/06			2	254,50	35,90			
			3	269,50	38,02			
11	12,00	16/10/06	1	267,00	37,67	37,88	1,04	2,74
18/09/06			2	276,50	39,01			
			3	262,00	36,96			
12	14,00	23/10/06	1	247,00	34,85	34,35	1,64	4,78
25/09/06			2	230,50	32,52			
			3	253,00	35,69			
13	13,00	06/11/06	1	252,50	35,62	36,19	0,53	1,47
09/10/06			2	260,00	36,68			
			3	257,00	36,26			
14	12,00	13/11/06	1	240,00	33,86	34,92	1,32	3,78
16/10/06			2	258,00	36,40			
			3	244,50	34,49			
15	12,00	20/11/06	1	253,50	35,76	36,56	0,85	2,33
23/10/06			2	258,50	36,47			
			3	265,50	37,46			

**APÊNDICE B – GRÁFICOS DO ACRÉSCIMO DE MASSA EM FUNÇÃO DA RAIZ QUADRADA DO TEMPO DE IMERSÃO DAS AMOSTRAS DO ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE ÁGUA POR SUCÇÃO CAPILAR DOS CONCRETOS**



**APÊNDICE C – RESISTÊNCIAS INDIVIDUAIS DOS CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA DE CHAPISCO ROMPIDOS À TRAÇÃO NA FLEXÃO**

	Arq. Chapisco	Carqa (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Chapisco	Carqa (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
1	Conv. SEM vento	0,64	1,50	1,61	0,15	9,36	7	Conv. SEM vento	0,58	1,36	1,18	0,15	13,09
		0,66	1,55						0,52	1,22			
		0,76	1,78						0,42	0,98			
		0,00	0,00						0,50	1,17			
	Conv. COM vento	0,42	0,98	0,90	0,13	14,31		Conv. COM vento	0,56	1,31	1,41	0,08	5,29
		0,36	0,84						0,82	1,92			
		0,32	0,75						0,62	1,45			
		0,44	1,03						0,62	1,45			
	Conv. SEM vento	0,70	1,64	1,80	0,15	8,08	8	Ind. 1 SEM vento	0,90	2,11	1,95	0,14	7,33
		0,84	1,97						0,78	1,83			
		0,74	1,73						1,04	2,44			
		0,80	1,88						0,82	1,92			
	Conv. COM vento	0,64	1,50	1,41	0,16	11,55	8	Ind. 1 COM vento	0,94	2,20	1,99	0,20	9,89
		0,52	1,22						0,88	2,06			
		0,80	1,88						0,74	1,73			
		0,64	1,50						0,84	1,97			
2	Ind. 1 SEM vento	1,94	4,55	3,81	0,22	5,81	9	Ind. 2 SEM vento	2,22	5,20	3,83	0,07	1,87
		1,70	3,98						1,66	3,89			
		1,66	3,89						1,64	3,84			
		1,52	3,56						1,60	3,75			
	Ind. 1 COM vento	1,38	3,23	3,40	0,22	6,52	9	Ind. 2 COM vento	1,52	3,56	3,47	0,13	3,82
		1,46	3,42						1,44	3,38			
		1,38	3,23						0,58	1,36			
		1,58	3,70						1,16	2,72			
	Ind. 2 SEM vento	1,68	3,94	3,98	0,21	5,39	10	Ind. 1 REFERÊNCIA	0,46	1,08	1,13	0,05	4,81
		1,90	4,45						0,50	1,17			
		1,80	4,22						0,46	1,08			
		1,62	3,80						0,50	1,17			
	Ind. 2 COM vento	1,56	3,66	3,63	0,03	0,91	10	Ind. 1 CALOR	0,38	0,89	0,95	0,05	5,68
		1,96	4,59						0,42	0,98			
		1,54	3,61						0,42	0,98			
		1,26	2,95						---	---			
3	Ind. 1 SEM vento	1,92	4,50	3,67	0,23	6,30	10	Ind. 1 CALOR/VENTO	0,60	1,41	1,25	0,20	15,61
		1,52	3,56						0,44	1,03			
		1,50	3,52						---	---			
		1,68	3,94						0,56	1,31			
	Ind. 1 COM vento	1,38	3,23	3,25	0,07	2,20	10	Ind. 2 REFERÊNCIA	1,46	3,42	2,77	0,13	4,79
		1,14	2,67						1,14	2,67			
		1,42	3,33						1,22	2,86			
		1,36	3,19						---	---			
	Ind. 2 SEM vento	1,92	4,50	4,14	0,40	9,76	10	Ind. 2 CALOR	1,02	2,39	2,45	0,14	5,71
		2,06	4,83						1,12	2,63			
		1,80	4,22						0,98	2,30			
		1,58	3,70						1,06	2,48			
	Ind. 2 COM vento	2,48	5,81	5,81	0,00	0,00	10	Ind. 2 CALOR/VENTO	1,18	2,77	2,63	0,17	6,44
		2,06	4,83						1,14	2,67			
		2,48	5,81						0,74	1,73			
		---	---						1,04	2,44			
4	Conv. SEM vento	0,74	1,73	1,61	0,18	11,03	11	Conv. REFERÊNCIA	0,32	0,75	1,10	0,17	15,04
		1,02	2,39						0,42	0,98			
		0,60	1,41						0,52	1,22			
		0,72	1,69						0,70	1,64			
	Conv. COM vento	0,44	1,03	1,14	0,12	10,85	11	Conv. CALOR	0,34	0,80	0,95	0,13	13,60
		0,46	1,08						0,46	1,08			
		0,56	1,31						0,38	0,89			
		0,48	1,13						0,44	1,03			
5	Ind. 1 SEM vento	1,42	3,33	3,32	0,15	4,38	11	Conv. CALOR/VENTO	0,30	0,70	0,69	0,06	8,53
		1,50	3,52						0,32	0,75			
		1,36	3,19						0,30	0,70			
		1,38	3,23						0,26	0,61			
	Ind. 1 COM vento	1,24	2,91	3,12	0,16	4,99	11	Ind. 1 REFERÊNCIA	0,62	1,45	1,49	0,14	9,40
		1,38	3,23						0,56	1,31			
		1,32	3,09						0,66	1,55			
		1,38	3,23						0,70	1,64			
	Conv. SEM vento	0,84	1,97	2,02	0,17	8,39	11	Ind. 1 CALOR	---	---	1,27	0,12	9,80
		0,80	1,88						0,50	1,17			
		0,94	2,20						0,58	1,36			
		0,22	0,52						0,60	1,41			
	Conv. COM vento	0,44	1,03	1,18	0,19	15,63	11	Ind. 1 CALOR/VENTO	0,48	1,13	1,22	0,10	8,31
		0,62	1,45						0,58	1,36			
		0,48	1,13						0,52	1,22			
		0,48	1,13						0,50	1,17			
6	Ind. 2 SEM vento	2,60	6,09	4,52	0,10	2,20	11	Ind. 2 REFERÊNCIA	1,74	4,08	4,19	0,15	3,60
		1,96	4,59						2,08	4,88			
		2,18	5,11						1,86	4,36			
		1,90	4,45						1,76	4,13			
	Ind. 2 COM vento	1,52	3,56	3,73	0,23	6,23	11	Ind. 2 CALOR	1,62	3,80	3,67	0,19	5,26
		0,88	2,06						1,64	3,84			
		2,28	5,34						1,46	3,42			
		1,66	3,89						1,54	3,61			
	Ind. 2 CALOR/VENTO	1,04	2,44	2,44	0,00	0,00	11	Ind. 2 CALOR/VENTO	1,36	3,19	2,44	0,00	0,00
		1,04	2,44						1,04	2,44			
		1,36	3,19						1,36	3,19			

	Arq. Chapisco	Caraa (KN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Chapisco	Caraa (KN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
12	Conv. REFERÊNCIA	0,66	1,55	1,69	0,20	11,79	14	Ind. 1 REFERÊNCIA	1,44	3,38	3,59	0,20	5,43
		0,50	1,17						1,60	3,75			
		0,78	1,83						1,56	3,66			
	Conv. CALOR	0,32	0,75	0,87	0,18	20,46		Ind. 1 CALOR	1,18	2,77	2,91	0,20	6,84
		0,32	0,75						1,46	3,42			
		0,36	0,84						1,04	2,44			
Conv. CALOR/VENTO	0,48	1,13	0,81	0,14	17,63	Ind. 1 CALOR/VENTO	1,30	3,05	2,30	0,00	0,00		
	0,40	0,94					0,98	2,30					
	0,28	0,66					0,98	2,30					
13	Conv. REFERÊNCIA	0,66	1,55	1,69	0,20	11,79	15	Ind. 2 REFERÊNCIA	1,92	4,50	6,77	0,03	0,49
		0,78	1,83						2,90	6,80			
		0,50	1,17						2,42	5,67			
	Conv. CALOR	0,48	1,13	1,16	0,05	4,68		Ind. 2 CALOR	2,88	6,75	5,81	0,25	4,27
		0,30	0,70						2,36	5,53			
		0,48	1,13						2,28	5,34			
Conv. CALOR/VENTO	0,52	1,22	1,05	0,22	20,69	Ind. 2 CALOR/VENTO	2,56	6,00	5,25	0,07	1,26		
	0,58	1,36					2,52	5,91					
	0,44	1,03					2,26	5,30					
		0,36	0,84					1,66	3,89				
		0,42	0,98					1,92	4,50				
								2,22	5,20				

**APÊNDICE D – RESISTÊNCIAS INDIVIDUAIS DOS CORPOS-DE-PROVA DE  
ARGAMASSA DE CHAPISCO ROMPIDOS À COMPRESSÃO**

	Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
1	Conv. SEM vento	7,72	4,83	4,28	0,12	2,72	3	Ind. 1 SEM vento	19,34	12,09	12,53	0,40	3,18
		5,28	3,30						20,22	12,64			
		6,96	4,35						20,84	13,03			
		6,74	4,21						15,94	9,96			
6,64	4,15	14,72	9,20										
7,04	4,40	17,74	11,09										
5,72	3,58	19,80	12,38										
4,78	2,99	17,70	11,06										
1	Conv. COM vento	3,90	2,44	2,28	0,24	10,68	3	Ind. 1 COM vento	17,56	10,98	9,61	0,30	3,13
		3,96	2,48						15,66	9,79			
		3,12	1,95						14,80	9,25			
		3,36	2,10						13,02	8,14			
3,56	2,23	11,20	7,00										
3,38	2,11	15,16	9,48										
4,94	3,09	14,00	8,75										
4,20	2,63	15,86	9,91										
2	Conv. SEM vento	9,40	5,88	6,14	0,13	2,12	3	Ind. 2 SEM vento	20,62	12,89	13,17	0,44	3,34
		9,82	6,14						23,92	14,95			
		5,86	3,66						20,34	12,71			
		8,88	5,55						14,34	8,96			
9,96	6,23	15,72	9,83										
11,54	7,21	21,82	13,64										
9,94	6,21	21,50	13,44										
9,96	6,23	14,34	8,96										
2	Conv. COM vento	10,48	6,55	4,38	0,38	8,65	3	Ind. 2 COM vento	21,66	13,54	11,48	0,27	2,36
		8,44	5,28						18,24	11,40			
		8,34	5,21						18,00	11,25			
		6,48	4,05						18,84	11,78			
6,88	4,30	20,78	12,99										
7,68	4,80	22,04	13,78										
7,58	4,74	17,00	10,63										
6,38	3,99	19,62	12,26										
2	Ind. 1 SEM vento	22,78	14,24	14,11	0,40	2,82	4	Conv. SEM vento	8,58	5,36	5,60	0,27	4,79
		20,64	12,90						10,56	6,60			
		23,62	14,76						8,58	5,36			
		23,38	14,61						8,88	5,55			
21,98	13,74	7,24	4,53										
22,16	13,85	11,20	7,00										
18,86	11,79	9,14	5,71										
13,40	8,38	9,60	6,00										
2	Ind. 1 COM vento	22,08	13,80	9,06	0,37	4,06	4	Conv. COM vento	5,38	3,36	3,53	0,20	5,79
		21,80	13,63						5,64	3,53			
		20,36	12,73						4,38	2,74			
		17,84	11,15						5,64	3,53			
14,82	9,26	5,86	3,66										
16,02	10,01	5,32	3,33										
14,86	9,29	5,44	3,40										
13,82	8,64	6,26	3,91										
2	Ind. 2 SEM vento	13,84	8,65	10,90	0,24	2,16	5	Ind. 1 SEM vento	13,64	8,53	7,86	0,46	5,90
		15,70	9,81						19,12	11,95			
		17,70	11,06						9,64	6,03			
		16,94	10,59						12,16	7,60			
20,38	12,74	14,56	9,10										
24,00	15,00	16,82	10,51										
17,36	10,85	9,06	5,66										
17,76	11,10	12,98	8,11										
2	Ind. 2 COM vento	15,92	9,95	10,61	0,09	0,87	5	Ind. 1 COM vento	14,14	8,84	7,28	0,40	5,55
		17,18	10,74						12,02	7,51			
		16,84	10,53						9,20	5,75			
		16,98	10,61						8,46	5,29			
14,04	8,78	9,70	6,06										
16,90	10,56	10,54	6,59										
10,70	6,69	12,02	7,51										
14,32	8,95	10,90	6,81										

	Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)	
6	Conv. SEM vento	9,16	5,73	6,23	1,57	25,16	10	Ind. 1 REFERENCIA	4,00	2,50	2,26	0,23	10,04	
		11,14	6,96						3,38	2,11				
		6,90	4,31						3,46	2,16				
		8,42	5,26						3,62	2,26				
		12,12	7,58					2,92	1,83					
		11,10	6,94					3,84	2,40					
		12,70	7,94					3,74	2,34					
		11,10	6,94					4,00	2,50					
7	Conv. COM vento	5,16	3,23	3,39	0,47	13,74	11	Ind. 1 CALOR	3,68	2,30	2,61	0,32	12,20	
		6,08	3,80						3,76	2,35				
		4,40	2,75						4,90	3,06				
		5,48	3,43						3,98	2,49				
		7,02	4,39					4,44	2,78					
		5,86	3,66					2,96	1,85					
		5,72	3,58					3,72	2,33					
		5,38	3,36					4,72	2,95					
8	Ind. 2 SEM vento	32,00	20,00	11,12	0,30	2,72	10	Ind. 1 CALOR/VENTO	4,82	3,01	2,96	0,27	9,23	
		20,30	12,69						4,48	2,80				
		17,62	11,01						5,26	3,29				
		16,50	10,31						4,56	2,85				
		18,34	11,46					4,42	2,76					
		21,74	13,59					4,10	2,56					
		17,42	10,89					5,40	3,38					
		24,43	15,27					4,86	3,04					
9	Ind. 2 COM vento	17,72	11,08	11,81	0,23	1,94	11	Ind. 2 REFERENCIA	11,80	7,38	7,38	0,23	3,08	
		19,50	12,19						11,48	7,18				
		18,82	11,76						12,22	7,64				
		18,64	11,65						14,72	9,20				
		18,96	11,85					11,40	7,13					
		18,58	11,61					12,10	7,56					
		23,06	14,41					10,80	6,75					
		25,72	16,08					10,68	6,68					
10	Conv. SEM vento	6,06	3,79	3,19	0,18	5,50	11	Ind. 2 CALOR	11,64	7,28	7,40	0,13	1,78	
		5,32	3,33						11,92	7,45				
		5,34	3,34						9,02	5,64				
		4,92	3,08						9,58	5,99				
		4,94	3,09					13,38	8,36					
		4,72	2,95					12,10	7,56					
		5,48	3,43					10,36	6,48					
		4,96	3,10					11,70	7,31					
11	Conv. COM vento	5,16	3,23	3,24	0,15	4,64	11	Ind. 2 CALOR/VENTO	9,66	6,04	5,23	0,29	5,45	
		5,22	3,26						8,42	5,26				
		7,12	4,45						10,28	6,43				
		6,72	4,20						7,26	4,54				
		5,46	3,41					9,60	6,00					
		6,52	4,08					9,00	5,63					
		5,26	3,29					8,10	5,06					
		4,80	3,00					7,98	4,99					
12	Ind. 1 SEM vento	5,06	3,16	3,77	0,35	9,26	11	Conv. REFERENCIA	5,78	3,61	3,98	0,29	7,19	
		6,56	4,10						4,74	2,96				
		5,78	3,61						6,64	4,15				
		5,64	3,53						6,62	4,14				
		7,36	4,60					5,98	3,74					
		6,72	4,20					5,36	3,35					
		6,18	3,86					4,02	2,51					
		5,28	3,30					6,82	4,26					
13	Ind. 1 COM vento	5,66	3,54	3,30	0,25	7,48	11	Conv. CALOR	3,84	2,40	2,71	0,23	8,63	
		4,70	2,94						4,64	2,90				
		5,28	3,30						4,44	2,78				
		6,40	4,00						4,38	2,74				
		5,82	3,64					4,16	2,60					
		4,88	3,05					5,04	3,15					
		5,30	3,31					4,14	2,59					
		5,36	3,35					4,08	2,55					
14	Ind. 2 SEM vento	14,86	9,29	8,34	0,36	4,34	11	Conv. CALOR/VENTO	3,64	2,28	2,18	0,19	8,71	
		13,68	8,55						3,06	1,91				
		10,18	6,36						3,86	2,41				
		12,54	7,84						3,40	2,13				
		11,96	7,48					3,88	2,43					
		12,16	7,60					3,12	1,95					
		13,84	8,65					3,56	2,23					
		13,30	8,31					3,44	2,15					
15	Ind. 2 COM vento	11,42	7,14	7,49	0,42	5,64	11							
		10,60	6,63											
		12,68	7,93											
		11,20	7,00											
		---	---											
		12,40	7,75											
		11,50	7,19											
		12,66	7,91											

	Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Chapisco	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
11	Ind. 1 REFERÊNCIA	5,58	3,49	3,45	0,22	6,48	13	Conv. REFERÊNCIA	8,28	5,18	4,98	0,32	6,37
		4,30	2,69						8,62	5,39			
		3,98	2,49						7,68	4,80			
		5,00	3,13						7,44	4,65			
		7,12	4,45						7,44	4,65			
		5,82	3,64						9,32	5,83			
	4,08	2,55	8,32	5,20									
	5,66	3,54	5,76	3,60									
	Ind. 1 CALOR	4,88	3,05	3,16	0,25	8,01		Conv. CALOR	5,44	3,40	3,45	0,27	7,84
4,70		2,94	4,94				3,09						
5,22		3,26	5,32				3,33						
Ind. 1 CALOR/VENTO	5,32	3,33	3,24	0,24	7,43	Conv. CALOR/VENTO	5,30	3,31	3,35	0,27	7,95		
	4,40	2,75					5,48	3,43					
	4,94	3,09					6,26	3,91					
14	Ind. 2 REFERÊNCIA	5,68	3,55	9,24	0,10	1,08	14	Ind. 1 REFERÊNCIA	7,18	4,49	8,62	0,22	2,50
		5,30	3,31						5,90	3,69			
		4,18	2,61						5,48	3,43			
		5,34	3,34						5,48	3,43			
		5,32	3,33						5,14	3,21			
		5,20	3,25						5,84	3,65			
	4,86	3,04	5,64	3,53									
	5,06	3,16	4,58	2,86									
	4,64	2,90	5,92	3,70									
5,84	3,65	5,34	3,34										
Ind. 2 CALOR	14,94	9,34	8,47	0,31	3,65	Ind. 1 CALOR	13,76	8,60	7,17	0,18	2,53		
	14,62	9,14					10,44	6,53					
	12,78	7,99					10,08	6,30					
Ind. 2 CALOR/VENTO	14,78	9,24	6,55	0,10	1,47	Ind. 1 CALOR/VENTO	11,34	7,09	5,58	0,32	5,69		
	16,04	10,03					9,98	6,24					
	16,24	10,15					11,82	7,39					
15	Conv. REFERÊNCIA	13,40	8,38	5,71	0,14	2,48	15	Ind. 2 REFERÊNCIA	11,34	7,09	15,20	0,33	2,16
		19,66	12,29						11,14	6,96			
		13,82	8,64						11,74	7,34			
		12,98	8,11						7,72	4,83			
		14,24	8,90						9,30	5,81			
		10,10	6,31						6,26	3,91			
	13,00	8,13	8,16	5,10									
	13,76	8,60	9,18	5,74									
	13,52	8,45	8,66	5,41									
12,42	7,76	10,28	6,43										
Conv. CALOR	10,62	6,64	3,35	0,23	6,83	Ind. 2 CALOR	9,34	5,84	13,95	0,32	2,28		
	10,34	6,46					16,00	10,00					
	12,04	7,53					25,02	15,64					
Conv. CALOR/VENTO	10,34	6,46	2,55	0,24	9,31	Ind. 2 CALOR/VENTO	22,42	14,01	12,05	0,31	2,56		
	10,66	6,66					21,76	13,60					
	10,42	6,51					22,76	14,23					
12	Conv. REFERÊNCIA	13,86	8,66	5,71	0,14	2,48	12	Ind. 2 REFERÊNCIA	20,14	12,59	12,05	0,31	2,56
		13,40	8,38						20,48	12,80			
		10,42	6,51						19,30	12,06			
		10,34	6,46						14,70	9,19			
		10,62	6,64						19,38	12,11			
		10,34	6,46						18,78	11,74			
	Conv. CALOR	10,62	6,64	3,35	0,23	6,83		Ind. 2 CALOR	23,58	14,74	13,95	0,32	2,28
		10,34	6,46						24,18	15,11			
		12,04	7,53						25,00	15,63			
Conv. CALOR/VENTO	10,34	6,46	2,55	0,24	9,31	Ind. 2 CALOR/VENTO	22,48	14,05	12,05	0,31	2,56		
	10,66	6,66					18,78	11,74					
	10,42	6,51					19,92	12,45					
15	Conv. REFERÊNCIA	13,86	8,66	5,71	0,14	2,48	15	Ind. 2 REFERÊNCIA	17,78	11,11	12,05	0,31	2,56
		13,40	8,38						17,50	10,94			
		10,42	6,51						19,52	12,20			
		10,34	6,46						14,70	9,19			
		10,62	6,64						19,38	12,11			
		10,34	6,46						18,78	11,74			
	Conv. CALOR	10,62	6,64	3,35	0,23	6,83		Ind. 2 CALOR	23,58	14,74	13,95	0,32	2,28
		10,34	6,46						24,18	15,11			
		12,04	7,53						25,00	15,63			
Conv. CALOR/VENTO	10,34	6,46	2,55	0,24	9,31	Ind. 2 CALOR/VENTO	22,48	14,05	12,05	0,31	2,56		
	10,66	6,66					18,78	11,74					
	10,42	6,51					19,92	12,45					

**APÊNDICE E – RESULTADOS INDIVIDUAIS DE ABSORÇÃO CAPILAR DOS CORPOS-  
DE-PROVA DE ARGAMASSA DE CHAPISCO**

Arg. Chapisco	$m_0$ (g)	$m_{10}$ (g)	$A_{10}$ (g/cm <sup>2</sup> )	$A_{10}$ média	$m_{90}$ (g)	$A_{90}$ (g/cm <sup>2</sup> )	$A_{90}$ média	C	C 1º m	desvio absoluto	desvio relativo	C 2º m	desvio absoluto	desvio relativo	C médio	
3	Ind. 1	437,33	438,72	0,09	0,08	440,64	0,21	0,20	1,9	1,9	-0,1	-	2,1	0,2	-	2,1
		441,31	442,87	0,10		445,10	0,24		2,2		-0,4	-		-0,2	-7,5	
		454,53	455,65	0,07		457,06	0,16		1,4		0,4	23,9		-	-	
	Ind. 2	452,78	454,10	0,08	0,08	485,62	1,43	1,58	21,5	24,0	2,4	10,2	-	-	-	24,0
		470,23	471,28	0,07		495,41	1,57		24,1		-0,2	-		-	-	
		461,13	462,56	0,09		488,80	1,73		26,2		-2,3	-		-	-	
4	Conv.	506,00	511,00	0,31	0,37	517,20	0,70	0,86	6,2	7,8	1,6	20,2	8,6	-	-	8,6
		517,40	523,90	0,41		531,70	0,89		7,8		0,0	-		0,7	8,8	
		494,50	500,80	0,39		510,10	0,98		9,3		-1,5	-		-0,7	-	
5	Ind. 1	421,90	424,30	0,15	0,16	426,80	0,31	0,31	2,5	2,4	-0,1	-2,7	-	-	-	2,4
		426,30	428,80	0,16		431,20	0,31		2,4		0,0	-		-	-	
		424,10	426,90	0,17		429,30	0,32		2,4		0,0	-		-	-	
6	Conv.	522,90	525,10	0,14	0,33	528,40	0,34	0,73	3,3	6,3	3,0	-	4,0	0,8	18,5	4,0
		513,40	522,00	0,54		532,90	1,22		10,9		-4,6	-72,1		-	-	
		513,90	519,10	0,33		523,90	0,43		4,8		1,5	-		-0,8	-	
	Ind. 2	475,20	476,10	0,06	0,06	477,00	0,11	0,12	0,9	1,1	0,2	-	0,7	-0,2	-20,0	0,7
		471,30	472,50	0,07		474,20	0,18		1,7		-0,6	-59,4		-	-	
		484,20	484,80	0,04		485,40	0,07		0,6		0,5	-		0,2	-	
7	Conv.	487,20	493,70	0,41	0,47	505,10	1,12	1,31	11,4	13,5	2,1	-	-	-	-	13,5
		500,10	508,50	0,52		524,20	1,51		15,7		-2,2	-16,6		-	-	
		488,30	495,80	0,47		509,10	1,30		13,3		0,2	-		-	-	
8	Ind. 1	393,73	400,32	0,41	0,38	412,82	1,19	1,10	12,5	11,6	-0,9	-	-	-	-	11,6
		404,66	410,85	0,39		422,57	1,12		11,7		-0,1	-		-	-	
		400,05	405,39	0,33		415,95	0,99		10,6		1,0	8,9		-	-	
9	Ind. 2	452,69	457,73	0,32	0,30	463,76	0,69	0,65	6,0	5,6	-0,4	-7,6	-	-	-	5,6
		458,62	463,21	0,29		468,57	0,62		5,4		0,2	-		-	-	
		453,80	458,36	0,29		463,78	0,62		5,4		0,2	-		-	-	
10	Ind. 2	395,26	399,70	0,28	0,23	403,20	0,50	0,40	3,5	2,7	-0,8	-	3,1	-0,4	-	3,1
		406,89	410,52	0,23		413,24	0,40		2,7		0,0	-		-	-	
		395,04	398,00	0,18		399,93	0,31		1,9		0,8	29,0		1,2	37,9	
11	Ind. 1	383,35	389,22	0,37	0,36	399,32	1,00	0,95	10,1	9,5	-0,6	-6,7	-	-	-	9,5
		374,61	379,94	0,33		388,92	0,89		9,0		0,5	-		-	-	
		380,03	385,92	0,37		395,23	0,95		9,3		0,2	-		-	-	
12	Conv.	529,10	535,75	0,42	0,46	545,64	1,03	1,12	9,9	10,5	0,6	-	-	-	-	10,5
		520,09	527,58	0,47		537,10	1,06		9,5		1,0	-		-	-	
		501,51	509,38	0,49		521,55	1,25		12,2		-1,6	-15,6		-	-	
13	Conv.	526,61	536,40	0,61	0,58	548,50	1,37	1,39	12,1	13,0	0,9	-	-	-	-	13,0
		531,57	540,18	0,54		554,24	1,42		14,1		-1,0	-7,9		-	-	
		518,16	527,45	0,58		540,37	1,39		12,9		0,1	-		-	-	
14	Ind. 1	441,97	445,15	0,20	0,22	450,40	0,53	0,51	5,3	4,7	-0,5	-	-	-	-	4,7
		447,77	451,32	0,22		455,34	0,47		4,0		0,7	15,2		-	-	
		423,04	426,76	0,23		431,71	0,54		4,9		-0,2	-		-	-	
15	Ind. 2	465,26	467,79	0,16	0,15	470,83	0,35	0,34	3,0	3,1	0,0	-	-	-	-	3,1
		468,28	470,87	0,16		474,07	0,36		3,2		-0,1	-3,8		-	-	
		467,39	469,54	0,13		472,55	0,32		3,0		0,1	-		-	-	

$m_0$  - massa inicial cp seco  
 $A_t$  - absorção em cada tempo  
 $m_{10}$  - massa cp aos 10 minutos  
 $m_{90}$  - massa cp aos 90 minutos  
C - coeficiente de capilaridade



**APÊNDICE F – RESISTÊNCIAS INDIVIDUAIS DOS CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO ROMPIDOS À TRAÇÃO NA FLEXÃO**

	Ara. Revest.	Caraa (KN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvlo	C.V. (%)		Ara. Revest.	Caraa (KN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvlo	C.V. (%)		
1	Ind. 2	0,82	1,92	1,80	0,19	10,52	8	Conv. 2	1,04	2,44	1,90	0,14	7,10		
		0,72	1,69						0,74	1,73				0,80	1,88
0,68	1,59	0,96	2,25	0,96	2,25	0,82		1,92	1,18	2,77	1,00	2,34	2,55	0,30	11,68
0,90	2,11	1,34	3,14	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---
2	Ind. 1	0,74	1,73	2,00	0,23	11,56		Ind. 1	0,96	2,25	2,55	0,30	11,68		
		---	---						1,18	2,77				1,00	2,34
3	Conv. 1	0,30	0,70	0,60	0,07	11,59		Ind. 2	0,76	1,78	1,86	0,09	4,59		
		0,24	0,56						0,26	0,61				0,26	0,61
3	Ind. 2	0,88	2,06	1,95	0,14	7,23		Conv. 2	0,44	1,03	0,95	0,16	17,01		
		0,76	1,78						0,40	0,94				0,26	0,66
4	Conv. 1	0,32	0,75	0,73	0,09	12,07		Ind. 1	0,40	0,94	1,06	0,26	24,30		
		0,36	0,84						0,38	0,89				0,46	1,08
4	Ind. 1	1,52	3,56	3,27	0,22	6,86		Ind. 2	0,46	1,08	1,07	0,04	3,30		
		1,18	2,77						0,44	1,03				1,32	3,09
4	Ind. 2	1,02	2,39	2,28	0,18	7,87		Conv. 2	0,56	1,31	1,70	0,15	9,11		
		0,94	2,20				0,80		1,88	0,68				1,59	
5	Conv. 1	0,74	1,73	1,34	0,03	2,48	Ind. 1	0,82	1,92	2,05	0,16	7,64			
		1,12	2,63					0,66	1,55				0,58	1,36	0,20
5	Ind. 1	1,14	2,67	2,70	0,03	1,00	Ind. 2	0,82	1,88	2,05	0,16	7,64			
		1,16	2,72					0,96	2,25				0,88	2,06	
5	Ind. 2	1,14	2,67	2,38	0,21	8,85	Conv. 2	0,68	1,59	1,36	0,20	14,36			
		1,08	2,53					0,60	1,41				0,94	2,20	
6	Conv. 1	0,22	0,52	0,60	0,05	7,66	Ind. 1	0,78	1,83	1,83	0,20	11,18			
		0,26	0,61					0,26	0,66				0,26	0,61	0,26
6	Ind. 1	0,68	1,59	1,87	0,25	13,58	Ind. 2	1,06	2,48	0,95	0,20	20,66			
		0,58	1,36					0,82	1,92				0,68	1,59	
7	Conv. 2	0,50	1,17	1,37	0,15	11,30	Ind. 1	0,84	1,97	1,83	0,20	11,18			
		0,66	1,55					---	---				---	---	
7	Ind. 1	0,38	0,89	1,37	0,15	11,30	Ind. 2	0,30	0,70	0,95	0,20	20,66			
		0,60	1,41					0,44	1,03				0,44	1,03	
7	Ind. 2	0,82	1,92	1,78	0,00	0,00	Ind. 2	0,50	1,17	0,95	0,20	20,66			
		0,58	1,36					0,62	1,45				0,64	1,50	
7	Ind. 1	0,76	1,78	1,37	0,15	11,30	Ind. 2	0,52	1,22	0,95	0,20	20,66			
		0,76	1,78					0,62	1,45				0,62	1,45	
7	Ind. 2	0,52	1,22	1,78	0,00	0,00	Ind. 2	0,50	1,17	0,95	0,20	20,66			
		0,50	1,17					0,62	1,45				0,64	1,50	
7	Ind. 1	0,66	1,55	1,37	0,15	11,30	Ind. 2	0,62	1,45	0,95	0,20	20,66			
		0,96	2,25					0,62	1,45				0,48	1,13	
7	Ind. 2	1,10	2,58	1,78	0,00	0,00	Ind. 2	0,62	1,45	0,95	0,20	20,66			
		1,04	2,44					0,48	1,13						

**APÊNDICE G – RESISTÊNCIAS INDIVIDUAIS DOS CORPOS-DE-PROVA DE  
ARGAMASSA DE REVESTIMENTO ROMPIDOS À COMPRESSÃO**

	Ara. Revest.	Carqa (KN)	Resiste. (MPa)	Media (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Ara. Revest.	Carqa (KN)	Resist. (MPa)	Media (MPa)	Desvio	C.V. (%)
1	Ind. 2	7,02	4,39	3,95	0,09	2,24	5	Conv. 1	3,34	2,09	1,77	0,19	11,00
		5,52	3,45						3,36	2,10			
		6,68	4,18						2,94	1,84			
		6,80	4,25						2,34	1,46			
		6,62	4,14						2,80	1,75			
		6,46	4,04						2,64	1,65			
		5,20	3,25						2,66	1,66			
		5,34	3,34						2,92	1,83			
		5,82	3,64						2,60	1,63			
		2,70	1,69						2,54	1,59			
2	Ind. 1	13,60	8,50	8,81	0,25	2,87	5	Ind. 1	11,14	6,96	7,35	0,40	5,38
		12,48	7,80						10,96	6,85			
		15,34	9,59						10,14	6,34			
		12,44	7,78						11,78	7,36			
		13,76	8,60						10,14	6,34			
		12,50	7,81						7,52	4,70			
		11,52	7,20						12,44	7,78			
		14,42	9,01						13,24	8,28			
		14,20	8,88						11,80	7,38			
		14,52	9,08						9,02	5,64			
3	Conv. 1	3,34	2,09	1,65	0,20	12,06	5	Ind. 2	9,90	6,19	5,28	0,93	19,30
		3,62	2,26						8,10	5,06			
		2,84	1,78						8,02	5,01			
		2,54	1,59						8,54	5,34			
		2,40	1,50						4,50	2,81			
	2,28	1,43	6,90	4,31									
	2,40	1,50	8,46	5,29									
	2,80	1,75	8,54	5,34									
	2,60	1,63	6,22	3,89									
	2,60	1,63	6,26	3,91									
4	Ind. 2	8,26	5,16	5,17	0,26	4,97	6	Conv. 1	3,54	2,21	2,03	0,13	6,36
		8,60	5,38						3,42	2,14			
		7,86	4,91						3,10	1,94			
		7,56	4,73						3,34	2,09			
		8,20	5,13						2,88	1,80			
	8,58	5,36	3,08	1,93									
	9,00	5,63	3,36	2,10									
	8,16	5,10	3,42	2,14									
	8,06	5,04	3,02	1,89									
	8,50	5,31	3,10	1,94									
5	Conv. 1	2,94	1,84	1,79	0,13	7,24	6	Ind. 1	13,02	8,14	7,41	0,21	2,72
		3,04	1,90						14,22	8,89			
		3,14	1,96						12,38	7,74			
		2,96	1,85						11,64	7,28			
		3,14	1,96						13,40	8,38			
		2,76	1,73						12,02	7,51			
		2,58	1,61						10,54	6,59			
		2,66	1,66						11,30	7,06			
		2,98	1,86						11,94	7,46			
		2,68	1,68						11,88	7,43			
2,86	1,79	11,80	7,38										
2,56	1,60	12,88	8,05										
6	Ind. 1	13,92	8,70	8,29	0,33	4,02	6	Ind. 1	13,02	8,14	7,41	0,21	2,72
		13,12	8,20						14,22	8,89			
		14,02	8,76						12,38	7,74			
		13,22	8,26						11,64	7,28			
		14,56	9,10						13,40	8,38			
		14,72	9,20						12,02	7,51			
		13,02	8,14						10,54	6,59			
		15,22	9,51						11,30	7,06			
		12,50	7,81						11,94	7,46			
		13,52	8,45						11,88	7,43			
14,60	9,13	11,80	7,38										
12,76	7,98	12,88	8,05										
7	Ind. 2	7,06	4,41	4,05	0,22	5,38	6	Ind. 1	13,02	8,14	7,41	0,21	2,72
		6,60	4,13						14,22	8,89			
		6,06	3,79						12,38	7,74			
		5,90	3,69						11,64	7,28			
		5,98	3,74						13,40	8,38			
		6,32	3,95						12,02	7,51			
		6,50	4,06						10,54	6,59			
		6,56	4,10						11,30	7,06			
		6,62	4,14						11,94	7,46			
		6,78	4,24						11,88	7,43			
6,68	4,18	11,80	7,38										
6,68	4,18	12,88	8,05										

	Ara. Revest.	Carraa (KN)	Resistê. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Ara. Revest.	Carraa (KN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
7	Conv. 2	4,98	3,11	3,28	0,26	7,87	9	Conv. 2	4,72	2,95	2,75	0,26	9,40
		5,16	3,23						4,64	2,90			
		5,28	3,30						4,28	2,68			
		4,58	2,86						4,56	2,85			
		5,22	3,26						4,90	3,06			
		5,16	3,23						4,64	2,90			
		7,16	4,48						3,84	2,40			
		7,38	4,61						3,62	2,26			
		7,12	4,45						4,48	2,80			
6,66		4,16	4,88						3,05				
5,88	3,68	4,26	2,66										
5,76	3,60	3,96	2,48										
Ind. 1	9,80	6,13	4,61	0,33	7,08	9	Ind. 1	4,08	2,55	2,91	0,33	11,22	
	9,86	6,16						5,46	3,41				
	10,04	6,28						4,00	2,50				
	8,76	5,48						6,66	4,16				
	8,06	5,04						4,28	2,68				
	7,78	4,86						4,26	2,66				
	5,86	3,66						4,90	3,06				
	6,80	4,25						4,86	3,04				
	6,86	4,29						5,42	3,39				
	6,86	4,29						5,94	3,71				
7,62	4,76	4,84	3,03										
7,66	4,79	4,48	2,80										
Ind. 2	2,56	1,60	1,83	0,17	9,10	9	Ind. 2	3,12	1,95	1,79	0,23	13,06	
	2,80	1,75						3,06	1,91				
	3,82	2,39						3,18	1,99				
	2,98	1,86						2,46	1,54				
	4,02	2,51						2,38	1,49				
	2,48	1,55						2,18	1,36				
	2,98	1,86						3,48	2,18				
	3,10	1,94						3,02	1,89				
	2,80	1,75						2,68	1,68				
	3,08	1,93						2,96	1,85				
3,34	2,09	2,80	1,75										
3,13	1,96	2,98	1,86										
Conv. 2	8,46	5,29	5,53	0,34	6,21	10	Conv. 2	6,66	4,16	3,97	0,19	4,77	
	9,58	5,99						6,18	3,86				
	8,88	5,55						8,34	5,21				
	8,06	5,04						8,32	5,20				
	8,32	5,20						5,96	3,73				
	9,34	5,84						6,64	4,15				
	9,36	5,85						6,74	4,21				
	9,34	5,84						6,38	3,99				
	9,10	5,69						6,14	3,84				
	10,20	6,38						6,06	3,79				
8,06	5,04	7,78	4,86										
8,84	5,53	8,82	5,51										
Ind. 1	12,38	7,74	7,62	0,33	4,29	10	Ind. 2	5,80	3,63	3,85	0,28	7,15	
	11,92	7,45						5,65	3,53				
	11,50	7,19						5,84	3,65				
	12,90	8,06						6,36	3,98				
	12,26	7,66						6,38	3,99				
	10,94	6,84						7,84	4,90				
	9,38	5,86						---	---				
	8,80	5,50						6,60	4,13				
	---	---						6,80	4,25				
	---	---						6,44	4,03				
---	---	5,62	3,51										
---	---	7,92	4,95										
Ind. 2	6,88	4,30	3,46	0,23	6,75	11	Ind. 1	7,72	4,83	4,57	0,24	5,20	
	6,44	4,03						7,48	4,68				
	5,22	3,26						5,80	3,63				
	6,04	3,78						6,72	4,20				
	6,76	4,23						6,22	3,89				
	5,38	3,36						6,94	4,34				
	5,54	3,46						7,66	4,79				
	4,90	3,06						7,64	4,78				
	6,08	3,80						7,30	4,56				
	5,72	3,58						6,04	3,78				
5,52	3,45	7,00	4,38										
5,46	3,41	6,04	3,78										

	Arq. Revest.	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)		Arq. Revest.	Carga (kN)	Resist. (MPa)	Média (MPa)	Desvio	C.V. (%)
13	Conv. 2	5,80	3,63	3,35	0,35	10,50	15	Ind. 2	2,36	1,48	1,91	0,33	17,42
		6,16	3,85						2,88	1,80			
		5,30	3,31						4,00	2,50			
		4,92	3,08						3,64	2,28			
		5,62	3,51						3,76	2,35			
		6,02	3,76						3,00	1,88			
		4,94	3,09						3,44	2,15			
		6,16	3,85						2,36	1,48			
		4,74	2,96						2,10	1,31			
		4,66	2,91						2,88	1,80			
		4,98	3,11						3,60	2,25			
		5,02	3,14						2,58	1,61			
		14	Ind. 1						9,02	5,64			
11,32	7,08												
10,96	6,85												
12,00	7,50												
10,40	6,50												
10,40	6,50												
11,62	7,26												
12,10	7,56												
12,28	7,68												
10,44	6,53												
9,16	5,73												
10,34	6,46												

**APÊNDICE H – RESULTADOS INDIVIDUAIS DE ABSORÇÃO CAPILAR DOS  
CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**

Arg. Chapisco	$m_0$ (g)	$m_{10}$ (g)	$A_{10}$ (g/cm <sup>2</sup> )	$A_{10}$ média	$m_{90}$ (g)	$A_{90}$ (g/cm <sup>2</sup> )	$A_{90}$ média	C	C 1° m	desvio absoluto	desvio relativo	C 2° m	desvio absoluto	desvio relativo	C médio
1	Ind. 2	424.62	432.69	0.50	0.50	443.65	1.19	1.20	11.0	0.1	-	-	-	-	11,1
		430.72	437.81	0.44		448.32	1.10		10.5	0.5	-				
		430.43	439.14	0.54		450.22	1.28		11.8	-0.7	-6.6				
		430.06	438.47	0.53		449.42	1.21		11.0	0.1	-				
2	Ind. 1	492.08	497.06	0.31	0.35	501.64	0.60	0.69	4.6	0.9	16.0	-	-	-	5,5
		478.55	484.17	0.35		489.27	0.67		5.1	0.4	-				
		485.42	491.53	0.38		497.89	0.78		6.4	-0.9	-16.6				
		487.32	492.97	0.35		498.75	0.71		5.8	-0.3	-				
3	Conv. 1	467.02	472.62	0.35	0.59	499.45	2.03	1.98	26.8	-4.6	-	-	-0.4	-	26,4
		471.95	484.36	0.78		498.17	1.64		13.8	8.4	37.8				
	465.41	475.80	0.65	501.73		2.27	25.9		-3.7	-	0.4		-		
	433.07	437.79	0.30	465.47		2.03	27.7		-0.4	-	-		-		
Ind. 2	436.13	441.11	0.31	0.28	469.13	2.06	1.99	28.0	-0.7	-2.7	-	-	-	27,3	
	435.77	439.52	0.23		465.66	1.87		26.1	1.1	-		-	-		
4	Conv. 1	456.50	467.70	0.70	0.76	485.70	1.83	1.91	18.0	0.4	2.2	-	-	-	18,4
		454.90	467.80	0.81		486.40	1.97		18.6	-0.2	-		-	-	
	463.00	475.40	0.77	494.00		1.94	18.6		-0.2	-	-		-		
	468.30	475.20	0.43	483.60		0.96	8.4		-0.7	-9.1	-		-		
Ind. 1	469.90	476.20	0.39	0.39	484.30	0.90	0.87	8.1	-0.4	-	-	-	-	7,7	
	472.30	477.70	0.34		484.30	0.75		6.6	1.1	-		-	-		
Ind. 2	407.80	414.60	0.43	0.41	423.20	0.96	0.98	8.6	0.4	-	-	-	-	9,0	
	414.30	420.60	0.39		429.20	0.93		8.6	0.4	-		-	-		
	429.80	436.60	0.43		446.40	1.04		9.8	-0.8	-8.9		-	-		
	448.30	459.60	0.71		475.30	1.69		15.7	0.8	-		-	-		
5	Conv. 1	455.90	468.20	0.77	0.76	484.60	1.79	1.79	16.4	0.1	-	-	-	-	16,5
		441.40	454.30	0.81		471.80	1.90		17.5	-1.0	-5.8		-	-	
	477.40	484.80	0.46	493.70		1.02	8.9		-0.2	-1.9	-		-		
	462.20	469.70	0.47	478.50		1.02	8.8		-0.1	-	-		-		
Ind. 1	460.20	468.60	0.53	0.49	477.10	1.06	1.03	8.5	0.2	-	-	-	-	8,7	
	411.70	419.30	0.48		429.00	1.08		9.7	0.0	-		-	-		
Ind. 2	423.10	430.70	0.47	0.50	439.50	1.03	1.11	8.8	0.9	-	-	-	-	9,7	
	410.80	419.50	0.54		430.20	1.21		10.7	-1.0	-9.9		-	-		
6	Conv. 1	477.84	487.07	0.58	0.56	502.10	1.52	1.40	15.0	-1.6	-11.6	-	-	-	13,5
		476.80	485.34	0.53		498.45	1.35		13.1	0.4	-		-	-	
	479.89	488.96	0.57	501.24		1.33	12.3		1.2	-	-		-		
	493.18	497.66	0.28	503.56		0.65	5.9		-0.4	-	0.5		7.5		
Ind. 1	476.99	482.07	0.32	0.28	488.22	0.75	0.63	6.9	-1.3	-	-	-0.5	-	6,4	
	503.21	507.16	0.25		510.95	0.48		3.8	1.7	31.3		-	-		
7	Conv. 2	477.32	487.57	0.64	0.60	498.31	1.31	1.26	10.7	-0.1	-	-	-	-	10,7
		481.90	490.80	0.56		501.11	1.20		10.3	0.3	-		-	-	
	476.81	486.41	0.60	497.32		1.28	10.9		-0.3	-2.4	-		-		
	466.87	475.49	0.54	485.28		1.15	9.8		1.0	9.6	-		-		
Ind. 1	476.43	485.69	0.58	0.58	496.58	1.26	1.26	10.9	-0.1	-	-	-	-	10,8	
	469.44	479.71	0.63		491.51	1.37		11.8	-1.0	-		-	-		
Ind. 2	412.37	420.06	0.48	0.49	430.10	1.11	1.13	10.0	0.3	-	-	-	-	10,3	
	398.77	407.03	0.52		417.67	1.18		10.6	-0.3	-3.1		-	-		
8	Conv. 2	396.54	404.00	0.47	0.43	414.28	1.11	0.93	10.3	0.0	-	-	-	-	9,1
		485.96	493.15	0.45		502.52	1.04		9.4	-1.4	-		-0.2	-	
	482.84	490.09	0.45	498.98		1.01	8.9		-0.9	-	0.2		2.6		
	492.24	498.58	0.40	504.29		0.75	5.7		2.3	28.5	-		-		
Ind. 1	478.70	488.74	0.63	0.59	499.19	1.28	1.18	10.5	-1.0	-	-	-0.1	-	10,4	
	483.42	491.90	0.53		499.43	1.00		7.5	1.9	20.1		-	-		
Ind. 2	461.40	471.27	0.62	0.40	481.58	1.26	0.79	10.3	-0.9	-	-	0.1	0.7	6,2	
	390.01	396.24	0.39		402.42	0.78		6.2	0.0	-		-	-		
9	Conv. 2	396.51	403.14	0.41	0.62	409.31	0.80	1.66	6.2	0.0	-	-	-	-	16,6
		397.47	-	-		-	-		-	-	-		-	-	
	475.05	484.11	0.57	499.53		1.53	15.4		1.2	7.0	-		-		
	473.07	483.34	0.64	501.12		1.75	17.8		-1.2	-	-		-		
Ind. 1	481.34	491.70	0.65	0.79	508.25	1.68	2.05	16.6	0.0	-	-	-	-	20,2	
	477.37	489.18	0.74		509.25	1.99		20.1	0.2	-		-	-		
Ind. 2	469.30	482.46	0.82	0.57	503.83	2.16	1.41	21.4	-1.1	-5.6	-	-	-	13,5	
	465.12	477.95	0.80		497.21	2.01		19.3	1.0	-		-	-		
10	Conv. 2	383.36	392.46	0.57	0.35	406.72	1.46	0.81	14.3	-0.8	-5.7	-	-	-	7,3
		385.49	395.03	0.60		409.09	1.48		14.1	-0.6	-		-	-	
	384.77	393.50	0.55	405.64		1.30	12.1		1.3	-	-		-		
	487.22	493.14	0.37	501.37		0.88	8.2		-0.9	-12.3	-		-		
Ind. 2	503.61	508.77	0.32	0.43	515.96	0.77	0.99	7.2	0.1	-	-	-	-	6,7	
	494.33	500.04	0.36		506.61	0.77		6.6	0.8	-		-	-		
11	Conv. 2	437.30	442.91	0.35	0.67	449.97	0.79	1.71	7.1	1.8	-	-	-0.4	-7.1	16,7
		426.40	431.60	0.33		437.92	0.72		6.3	2.6	-		0.4	-	
	424.39	434.25	0.62	447.53		1.45	13.3		-4.4	-49.4	-		-		
	468.86	478.98	0.63	495.08		1.64	16.1		0.6	-	-		-		
Ind. 1	463.07	474.94	0.74	0.40	494.12	1.94	1.24	19.2	-2.5	-15.1	-	-	-	13,4	
	482.56	492.52	0.62		507.24	1.54		14.7	1.9	-		-	-		
13	Conv. 2	485.36	494.22	0.55	0.50	509.10	1.48	1.16	14.9	-1.4	-10.7	-	-	-	9,5
		490.41	498.13	0.48		510.61	1.26		12.5	1.0	-		-	-	
	480.32	482.95	0.16	495.92		0.98	13.0		0.5	-	-		-		
	489.97	497.65	0.48	508.11		1.13	10.5		0.1	-	-1.0		-10.3		
Ind. 1	472.32	479.46	0.45	0.27	487.96	0.98	0.72	8.5	2.1	-	-	1.0	-	7,1	
	463.75	472.72	0.56		485.43	1.36		12.7	-2.2	-20.4		-	-		
Ind. 2	354.59	359.48	0.31	0.27	366.60	0.75	0.72	7.1	0.0	-	-	-	-	7,1	
	352.36	355.78	0.21		362.42	0.63		6.6	0.5	7.0		-	-		
		346.74	351.53	0.30		359.20	0.78		7.7	-0.5	-		-		

$m_0$  - massa inicial cp seco  
 $A_t$  - absorção em cada tempo  
 $m_{10}$  - massa cp aos 10 minutos  
 $m_{90}$  - massa cp aos 90 minutos  
C - coeficiente de capilaridade

## APÊNDICE I – RESULTADOS INDIVIDUAIS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO SISTEMA REVESTIMENTO

### 1C - 23°

Chapisco: Conv. 1  
 Argamassa: Ind. 2  
 Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	38	54,75	54,61	21,05	18,38	18,96			100							0,16
02	20	54,53	54,6	19,61	19,68	21,03			100							0,08
03	30	53,86	54,51	20,62	19,94	20,96			100							0,13
04	6	54,53	54,17	21,21	21,52	20,29			100							0,03
05	15	54,59	55,04	23,21	23,34	22,93			100							0,06
06																
07	17	54,84	54,71	19,67	21,63	21,55			100							0,07
08																
09	17	54,69	54,57	21,45	21,32	22,58			100							0,07
10	34	54,48	54,58	23,41	22,47	22,59			100							0,14

média 54,57

Média 0,09  
Desvio 0,05  
C.V 49,14

Chapisco: Ind. 2  
 Argamassa: Ind. 2  
 Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
11	58	55,12	55,56	22,25	22,13	18,51			100							0,24
12	58	55,15	55,68	22,98	19,51	23,17			90		10					0,24
13	77	55,28	55,38	21,71	19,15	16,63			50		50					0,31
14	68	55,26	55,53	18,46	21,49	17,02			100							0,28
15	68	54,96	55,07	22,94	22,67	19,47			95				5			0,28
16	88										100					0,36
17	108										100					0,44
18	108	54,70	54,92	21,91	21,95	16,57			70		30					0,45
19	108										100					0,44
20	35	55,08	55,08	25,56	24,74	16,38			60		20	20				0,14

média 55,20

Média 0,32  
Desvio 0,10  
C.V 32,58

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



# 1C - 23°

Chapisco: **Ind. 1**

Argamassa: **Ind. 2**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)				
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G					
21	58													100				0,24
22	74	54,69	54,87	20,35	20,13	9,55			30		70							0,31
23	74	54,44	54,41	18,51	18,87	15,54			50		50							0,31
24	74													100				0,31
25	64	54,47	54,55	21,03	21,07	16,34			100									0,27
26	23													100				0,10
27	13	54,51	54,37	18,03	18,36	14,99			100									0,05
28	18													100				0,08
29	54													100				0,23
30	18													100				0,08

média 54,54

Média 0,20

Desvio 0,11

C.V 55,15

Chapisco: **Conv. 1**

Argamassa: **Ind. 2**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)				
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G					
31	2	54,93	54,77	23,21	25,63	24,69			100									0,01
32	16	54,73	54,78	22,75	24,06	21,04			100									0,07
33	27													100				0,11
34	15													100				0,06
35	15													100				0,06
36	2													100				0,01
37	20													100				0,08
38	27													100				0,11
39	37													100				0,15
40	9													100				0,04

média 54,80

Média 0,07

Desvio 0,05

C.V 65,96

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 1C - 23°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
41															
42	37	54,91	54,47	21,49	20,83	17,61			100						0,15
43	54	54,67	54,82	21,53	22,33	18,38			100						0,23
44	26	54,74	54,90	19,45	19,47	16,28			20				80		0,11
45	91											100			0,38
46	47											100			0,19
47	47	55,18	55,42	21,29	16,07	20,66			100						0,19
48	32						80	20							0,13
49	18						100								0,07
50	39											100			0,16
48b	65											100			0,27
49b	79											100			0,33

média 54,89

Média 0,20

Desvio 0,09

C.V 45,85

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 2

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
51	24											100			0,10
52	55											100			0,23
53	54											100			0,22
54	33											100			0,14
55	70											100			0,29
56	64											100			0,27
57	73											100			0,30
58	49											100			0,20
59	69											100			0,29
60	60											100			0,25

média #DIV/0!

Média 0,23

Desvio 0,07

C.V 29,22

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato





**2C - 23°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
18	101	54,51	54,84	21,85	14,81	19,7			45		10	45		0,42
19	97										100			0,40
20	99										100			0,41
21	88										100			0,37
22	72							10			90			0,30
23	119	54,57	54,87	15,7	11,39	15,83			80		20			0,50
24	48	54,66	54,84	21,59	15,21	17,55			60		20	20		0,20
25	72										100			0,30
26	84										100			0,35
27	45	54,81	55,16	19,69	15,04	18,83			40		30	30		0,19
28	103	54,77	54,93	22,4	15,34	16,52			45		10	45		0,43
29	113										100			0,47

média 54,80

Média 0,36

Desvio 0,10

C.V 27,33

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
30	119										100			0,50
31	91	54,78	54,75	18,38	16,51	18,37			50		50			0,38
32	42	54,75	54,71	20,85	19,12	19,59			20		80			0,18
33	76	55,00	54,91	20,81	14,89	17,78			50		50			0,31
34	77										100			0,32
35	94	54,94	54,97	22,54	18,78	18,71					100			0,39
36	37	54,77	54,67	23,08	14,84	17,53			50		50			0,15
37	38	54,89	54,71	19,36	15,78	17,67			10		90			0,16
38	30	54,31	54,76	20,43	15,66	19,14			30		70			0,13
39	69	54,84	54,77	18,52	15,07	16,05			30		70			0,29
40	8	54,67	54,87	18,10	16,31	17,72			20		80			0,03
41	66	54,56	54,70	20,70	18,11	17,00					100			0,28

média 54,77

Média 0,26

Desvio 0,13

C.V 51,00

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



**3C - 23°**Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01	55										100				0,23
02	58										100				0,24
03	58	54,72	54,5	22,02	16,41	16,54				100					0,24
04	20	54,77	55,13	18,48	12,01	14,6				100					0,08
05	11	55,01	55,01	18,52	14,84	18,11				100					0,05
06	32	54,85	54,81	17,5	15,03	16,63					100				0,13
07	70										100				0,29
08	43	54,86	54,22	20,04	11,02	15,62					100				0,18
09	17	54,73	54,8	20,24	14,94	15,44				100					0,07
10	40										100				0,17
11	38	54,61	54,74	20,52	16,48	16,83				100					0,16
12	48										100				0,20

média 54,77

Média 0,17

Desvio 0,08

C.V 44,87

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13	39										100				0,15
14	55										100				0,21
15	17										100				0,07
16	18										100				0,07
17	27										100				0,10
18	41										100				0,16
19	18	53,54	53,13	16,18	12,44	13,79					100				0,08
20	19	53,18	52,63	20,31	16,52	17,22					100				0,08
21	39										100				0,15
22	15	52,84	83,16	18,05	17,52	18,29					100				0,04
23	24	52,7	52,97	19,44	14,16	18,18					100				0,11
24	22										100				0,09

média 56,77

Média 0,11

Desvio 0,05

C.V 45,37

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**3C - 23°**Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	31										100				0,14
26	31										100				0,14
27	29										100				0,13
28	19	53,24	52,99	12,34	2,84	10,48					100				0,08
29	19										100				0,08
30	20										100				0,09
31	25										100				0,11
32	26										100				0,12
33	22										100				0,10
34	41										100				0,18
35	48										100				0,21
36	31										100				0,14

média 53,12

Média 0,13

Desvio 0,04

C.V 31,19

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	77	54,7	54,67	21,58	17,32	16,44			100						0,32
38	52	54,55	54,67	22,33	17,3	17,95			100						0,22
39	35	54,66	54,68	21,98	19,01	18,3			100						0,15
40	34	54,8	54,92	21,46	15,33	16,91			100						0,14
41	13	55,03	54,93	22,44	17,1	17,62			100						0,05
42	56	54,87	54,8	23,29	18,44	20,51			100						0,23
43	40										100				0,17
44	31	55,02	54,93	20,82	16,87	16,02			100						0,13
45	41	54,91	54,83	21,11	13,68	17,56			100						0,17
46	62										100				0,26
47	37										100				0,15
48	33										100				0,14

média 54,81

Média 0,18

Desvio 0,07

C.V 39,65

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**3C - 23°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	41	53,32	52,86	16,81	12,34	15,15					100				0,18
50	22	53,3	53,15	18,96	14,00	15,95			10		90				0,10
51	23	53,5	53,29	19,09	15,38	16,15					100				0,10
52	27	53,22	53,43	17,48	10,71	15,14					100				0,12
53	16										100				0,07
54	20	53,16	52,97	17,98	13,61	16,54					100				0,09
55	28	53,24	53,25	17,06	13,55	15,12					100				0,12
56	7	53,22	52,95	17,54	12,62	16,48					100				0,03
57	19	53,12	53,65	18,17	12,88	13,67					100				0,08
58	2	53,03	53,19	17,23	12,56	15,66					100				0,01
59	17	53,02	52,54	9,37	6,84	-					100				0,08
60	19										100				0,08

média 53,17

Média 0,09

Desvio 0,04

C.V 49,49

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	19										100				0,08
62	29										100				0,13
63	15										100				0,07
64	16	53,09	53,59	19,29	13,44	16,32					100				0,07
65	21	53,83	53,58	19,71	13,72	17,04					100				0,09
66	20										100				0,09
67	43										100				0,19
68	31	53,22	53,10	19,70	15,08	15,91			10		90				0,14
69	1	53,10	53,91	17,45	10,27	14,45					100				0,00
70	21										100				0,09
71	25										100				0,11
72	16										100				0,07

média 53,43

Média 0,09

Desvio 0,04

C.V 47,90

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato









## 5C - 23°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Conv.

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01	36	52,79	53,38	8,36	3,51	7,68					100				0,16
02	34										100				0,15
03	57										100				0,25
04	33	53,27	53,15	15,74	3,85	10,67					100				0,15
05	39										100				0,17
06	46										100				0,21
07	3	52,61	52,36	18,50	10,59	13,91					100				0,01
08	38	53,19	52,89	6,75	4,44	6,14					100				0,17
09	28										100				0,13
10	11	52,33	52,53	19,01	16,39	14,30			20		80				0,05
11	23	53,08	52,86	18,27	12,46	13,20					100				0,10
12	13	53,06	52,56	11,06	6,34	10,33					100				0,06

média 52,86

Média 0,13

Desvio 0,07

C.V 51,27

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 1

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13	64	54,55	54,61	21,18	13,71	15,62			70		30				0,27
14	105	54,80	54,62	19,11	13,86	17,97					100				0,44
15	129										100				0,54
16	54	54,60	54,84	18,11	14,41	16,00			10		90				0,23
17	104										100				0,43
18	88										100				0,37
19	35	54,30	54,57	19,17	12,55	16,52			80		20				0,15
20	85	54,58	54,55	20,15	13,62	16,71			60		40				0,36
21	37	54,76	54,82	20,26	15,39	16,91			80		20				0,15
22	70										100				0,29
23	79								10		90				0,33
24	70	54,78	54,75	21,03	15,51	15,63			90			10			0,29

média 54,65

Média 0,32

Desvio 0,12

C.V 36,38

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 5C - 23°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
25	43	54,39	54,77	20,54	13,78	15,12			20	80						0,18
26	42	54,50	54,52	21,00	14,68	16,31			80	20						0,18
27	32	54,57	54,47	20,68	14,36	16,93			50	50						0,13
28	45												100			0,19
29	46												100			0,19
30	26												100			0,11
31	56												100			0,24
32	52												100			0,22
33	37												100			0,16
34	34												100			0,14
35	48												100			0,20
36	44												100			0,18

média 54,54

Média 0,18

Desvio 0,04

C.V 20,35

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Conv.

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
37	41	53,75	53,80	19,07	16,44	18,65			30	70						0,18
38	57	53,77	53,73	21,21	18,41	13,94			40	60						0,25
39	79	53,79	53,42	18,12	10,55	15,64							100			0,34
40	37	53,57	53,04	15,66	10,26	15,97							100			0,16
41	24	53,74	53,80	18,98	3,73	15,34							100			0,10
42	23	53,36	53,31	15,42	11,79	14,36							100			0,10
43	24												100			0,11
44	23	53,07	53,29	19,22	8,52	14,75			10	90						0,10
45	21	53,00	53,11	15,78	11,73	12,05			50	50						0,09
46	22	53,00	53,11	15,14	7,94	11,95							100			0,10
47	27	53,10	52,55	2,73	3,30	0,65							100			0,12
48	24	52,92	52,12	13,78	5,35	9,56							100			0,11

média 53,29

Média 0,15

Desvio 0,08

C.V 52,31

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 5C - 23°

Chapisco: **Ind. 1**

Argamassa: **Ind. 1**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	49	55,39	54,98	17,44	3,69	14,07					100				0,20
50	52										100				0,22
51	125										100				0,52
52	102										100				0,43
53	45										100				0,19
54	79	54,43	54,54	16,52	14,00	14,73			50		50				0,33
55	99	54,86	54,69	19,98	15,62	17,36			50		50				0,41
56	57										100				0,24
57	71										100				0,30
58	59	54,32	54,1	18,34	12,44	14,45			60		40				0,25
59	62	54,31	54,74	16,77	10,63	14,08			50		50				0,26
60	47	54,11	54,36	22,01	18,57	21,34					100				0,20

média 54,57

Média 0,30

Desvio 0,11

C.V 36,26

Chapisco: **Ind. 1**

Argamassa: **Ind. 2**

Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	120										100				0,50
62	46	54,70	54,76	18,29	14,08	11,06			80		10	10			0,19
63	45	54,53	54,55	20,92	13,94	15,32			50		50				0,19
64	81	54,27	54,46	18,28	11,09	12,97			50		50				0,34
65	27	54,32	54,41	19,66	13,84	17,00			100						0,11
66	44										100				0,18
67	35	54,47	54,64	21,16	14,23	19,06			100						0,15
68	57	54,76	54,73	19,74	12,47	16,34			60		20	20			0,24
69	56										100				0,24
70	91										100				0,38
71	58										100				0,24
72	58										100				0,24

média 54,55

Média 0,25

Desvio 0,11

C.V 43,49

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**6C - 23°**Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	33										100					0,15
02																
03	43	53,03	52,84	8,34	6,71	6,99					100					0,19
04																
05	32	53,15	52,46	16,70	0,00	10,09					100					0,14
06	32															0,14
07	20	53,77	52,33	17,25	1,95	8,86					100					0,09
08	34	52,66	52,61	18,21	11,66	15,65					100					0,15
09	26	52,60	53,22	8,44	8,28	7,94					100					0,12
10																
11																
12	31	52,82	52,97	10,48	8,88	11,91					100					0,14

média 52,87

Média 0,14

Desvio 0,03

C.V 21,09

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
13	29	53,74	53,33	16,52	12,80	13,80					100					0,13
14	32	53,53	53,45	19,38	16,52	16,02					100					0,14
15	16	53,62	53,04	17,89	16,00	15,72					100					0,07
16																
17	26	53,74	52,99	9,19	5,36	6,98					100					0,11
18	29	52,94	53,58	18,81	15,69	15,51					100					0,13
19	34	52,95	54,12	9,04	6,61	9,04					100					0,15
20	31	53,16	53,33	15,67	10,62	14,23					100					0,14
21	26	53,68	53,34	19,32	14,14	12,78					100					0,11
22	20	53,33	52,52	13,13	13,42	14,82					100					0,09
23	16	52,93	52,87	15,35	12,81	13,06			10		90					0,07
24	32										100					0,14

média 53,31

Média 0,12

Desvio 0,03

C.V 23,86

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**6C - 23°**Chapisco: Ind. 2Argamassa: Ind. 1Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
25	66										100					0,28
26	79										100					0,33
27	76										100					0,32
28	57	54,85	54,90	17,82	10,42	12,64				20	60	20				0,24
29	19	54,87	54,86	19,16	11,73	13,54				50	50					0,08
30	73										100					0,30
31	65	54,62	54,58	18,45	9,98	15,09					90	10				0,27
32	66	54,47	54,48	13,88	11,07	11,05					100					0,28
33	45	54,35	54,74	15,56	7,51	10,17					100					0,19
34	92										100					0,38
35	32	54,78	54,68	19,11	14,12	15,37					100					0,13
36	63										100					0,26

média 54,68

Média 0,26

Desvio 0,09

C.V 33,53

Chapisco: Conv.Argamassa: Conv.Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
37	33	53,09	53,29	16,64	13,97	14,85					100					0,15
38	70	52,40	53,34	5,37	3,23	4,45					100					0,31
39	30															0,14
40	33	52,18	52,02	17,41	5,56	12,97					100					0,15
41	45	52,73	52,67	16,31	7,10	12,70					100					0,20
42	20	52,61	52,56	9,24	3,90	6,48					100					0,09
43	11	52,59	52,64	19,10	14,75	15,21					100					0,05
44	30	52,67	52,82	18,82	12,10	13,10				10	90					0,13
45																
46	16	51,04	52,44	21,42	13,94	15,80					100					0,07
47																

média 52,57

Média 0,14

Desvio 0,08

C.V 54,12

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**6C - 23°**Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
48	45	53,06	52,77	16,54	13,65	16,01			10		90				0,20
49	44	52,70	52,93	17,30	11,32	12,51					100				0,20
50	12	52,43	52,70	12,30	11,58	11,47					100				0,05
51															
52	31	52,71	52,27	7,84	2,61	6,83					100				0,14
53															
54															
55	40	53,00	52,98	8,57	2,87	7,36					100				0,18
56	15	52,46	52,24	10,68	5,96	9,77					100				0,07
57	31										100				0,14
58	23	52,78	51,53	14,60	8,86	7,70					100				0,11
59	21	52,35	52,05	8,26	5,99	8,26					100				0,10

média 52,56

Média 0,13

Desvio 0,05

C.V 41,10

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
60	13	54,69	54,77	12,25	13,14	11,38					100				0,05
61	54	54,61	55,01	15,47	14,08	13,03					100				0,22
62	15	54,85	54,68	18,83	17,15	14,83					100				0,06
63	97	54,67	54,59	14,77	11,45	13,38					100				0,41
64	86	54,68	54,90	15,36	17,19	15,13					100				0,36
65	71	54,91	54,92	20,03	18,12	19,32					100				0,29
66	61	54,52	54,76	17,08	13,55	16,74					100				0,26
67	60	54,79	54,57	18,05	16,15	16,80					100				0,25
68	91										100				0,38
69	52	54,65	54,40	19,63	16,51	18,58					100				0,22
70	12	54,49	54,89	20,50	15,13	20,34					100				0,05
71															

média 54,72

Média 0,23

Desvio 0,13

C.V 55,56

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 7C - 23°

Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01	34	53,78	53,75	20,03	13,56	17,57					100				0,15
02	21	55,38	54,32	19,26	9,99	17,00			20	80					0,09
03															
04	25	54,08	54,02	12,08	8,84	9,36					100				0,11
05															
06	31	54,00	54,00	21,57	17,64	19,38			50	50					0,13
07	21	54,43	53,53	15,80	17,57	17,40					100				0,09
08	26	53,60	53,97	16,63	12,43	13,09					100				0,11
09	31	54,36	54,47	20,53	15,90	16,02					100				0,13
10	34	54,31	54,51	17,98	15,86	16,88			10	90					0,14
11	46	53,62	53,68	19,55	11,44	12,72					100				0,20
12	26	54,46	54,22	20,26	16,98	17,93					100				0,11

média 54,12

Média 0,13

Desvio 0,03

C.V 26,25

Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13															
14															
15	35	54,43	54,41	21,03	18,97	19,40					100				0,15
16	50	54,37	54,28	20,89	19,45	20,50					100				0,21
17	24	54,59	54,30	20,16	21,27	20,94					100				0,10
18	41	54,52	54,43	18,85	15,95	18,27					100				0,17
19	36	54,52	54,42	19,80	18,01	19,12					100				0,15
20	17	54,50	54,64	19,52	17,93	20,15					100				0,07
21	35	54,56	54,40	19,92	20,42	17,65					100				0,15
22	27	54,55	54,71	20,47	21,18	20,05					100				0,11
23	32	54,67	54,64	23,41	17,23	23,20					100				0,13
24	12	54,53	54,47	22,88	20,45	19,43					100				0,05

média 54,50

Média 0,13

Desvio 0,05

C.V 36,66

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



## 7C - 23°

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Conv.**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)			
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G				
25	108	54,51	54,39	9,12	4,86	7,80					100						0,45
26	91	54,41	54,4	22,43	19,79	22,86			20	20	60						0,38
27	59										100						0,25
28	43	54,19	54,21	23,44	18,77	20,80			100								0,18
29	82	54,38	54,23	17,10	14,35	12,50			20		80						0,35
30	62	54,43	53,98	15,92	21,54	20,18			60		40						0,26
31	44	54,46	54,64	20,67	17,12	16,98			50	30	20						0,18
32	90										100						0,38
33	62	54,26	54,42	19,58	14,92	15,88					100						0,26
34	34	54,61	54,55	19,92	18,74	19,41			50		50						0,14
35	96										100						0,41
36	83										100						0,35

média 54,38

Média 0,30

Desvio 0,10

C.V 33,35

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Ind. 2**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)			
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G				
37	7	53,44	53,25	20,59	8,39	16,55					100						0,03
38	14	54,19	53,86	22,42	20,27	21,94			10		60						0,06
39	14	54,88	54,1	19,88	14,60	19,32			10		90						0,06
40	5	53,11	54,18	10,34	7,89	9,10					100						0,02
41																	
42																	
43	12	53,63	52,39	9,65	8,74	9,03					100						0,05
44	16	53,86	53,64	8,35	5,71	5,87					100						0,07
45	11	53,36	53,34	8,04	8,79	7,14					100						0,05
46	42	53,94	53,85	7,27	4,54	7,93					100						0,18
47	39	54,37	54,37	22,48	12,18	20,37					100						0,16
48	56	54,44	54,53	23,03	21,27	18,77			50		50						0,24

média 53,84

Média 0,09

Desvio 0,07

C.V 79,55

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 7C - 23°

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Ind. 1**

Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	43	54,61	54,63	22,49	20,34	19,07			10		90				0,18
50	30	54,50	54,46	18,46	12,53	15,32			50		50				0,13
51	6	54,46	54,52	18,24	14,90	19,35					100				0,03
52	84										100				0,35
53	13	54,41	54,64	21,08	19,12	18,97					100				0,05
54	33	54,65	54,62	21,59	12,39	18,33					100				0,14
55	61	54,64	54,46	21,60	20,62	20,77					100				0,26
56	53	54,54	54,50	21,33	19,05	19,82					100				0,22
57	36	54,45	54,61	21,63	19,32	16,86					100				0,15
58	7	54,45	54,60	24,12	20,14	22,28					100				0,03
59	7	54,70	54,71	25,06	21,64	23,62					100				0,03
60	25	54,76	54,81	23,15	19,33	23,71					100				0,10

Média 54,58

Média 0,14

Desvio 0,10

C.V 73,03

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Conv.**

Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	103	53,99	53,43	20,38	11,79	18,30					100				0,45
62	78	54,11	54,33	19,78	13,78	19,00			10		90				0,33
63	121										100				0,51
64	94	54,18	54,36	10,70	5,95	9,94					100				0,40
65	56	53,87	54,12	21,63	16,34	20,70			50		50				0,24
66	96										100				0,41
67	62	54,46	54,51	21,20	18,89	19,94			40		60				0,26
68	86	54,13	54,43	7,82	4,89	4,63					100				0,36
69	16	54,3	54,47	20,60	19,32	17,25			100						0,07
70	52	54,14	54,48	20,37	16,26	16,70					100				0,22
71	61	54,58	54,2	20,77	17,33	19,20					100				0,26
72	79	54,6	54,46	22,40	17,00	20,60					100				0,33

Média 54,26

Média 0,32

Desvio 0,12

C.V 37,32

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**8C - 23°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	30	54,17	54,56	16,05	11,79	15,79					100					0,13
02	34	54,59	54,05	7,11	11,75	11,86					100					0,14
03	25	54,43	54,37	21,06	15,66	16,47					100					0,11
04	22	54,89	54,82	17,50	17,53	18,18					100					0,09
05	17	54,92	54,80	16,34	17,12	19,63					100					0,07
06	25	54,36	54,15	19,65	14,13	15,96					100					0,11
07																
08	16	54,77	54,60	18,79	17,94	18,14					100					0,07
09	40	55,06	54,66	14,58	16,58	11,33					100					0,17
10	39	54,43	54,43	21,03	14,45	14,75					100					0,16
11	23	54,16	54,56	19,61	13,67	15,74					100					0,10
12	37	54,45	54,54	19,74	20,10	20,06					100					0,16

Média 54,54

Média 0,12

Desvio 0,04

C.V 30,57

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
13	48	54,58	54,71	16,97	15,05	16,17					100					0,20
14	65										100					0,27
15	36	54,57	54,62	20,72	15,87	19,17			40		10	50				0,15
16	17	54,39	54,93	15,41	15,73	13,86					100					0,07
17	54	54,77	54,61	12,12	11,76	13,16					100					0,23
18	31	54,54	54,70	22,54	19,27	13,16					20	80				0,13
19	19										100					0,08
20	28										100					0,12
21	26	54,38	55,09	17,24	12,86	13,59					100					0,11
22	39	54,64	54,42	20,52	19,78	19,20					100					0,16
23	21	54,59	54,54	18,40	14,02	15,04					100					0,09
24	27	54,61	54,65	18,71	17,60	15,29					100					0,11

Média 54,63

Média 0,14

Desvio 0,06

C.V 43,34

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**8C - 23°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	65	54,72	54,56	12,20	17,27	16,90			60			40			0,27
26	39	54,63	55,08	10,00	15,72	15,74			50			50			0,16
27	37	54,37	54,75	11,67	8,80	10,95					100				0,16
28	43	54,64	55,06						50			50			0,18
29	33	54,70	55,24	12,01	16,22	17,42			50			50			0,14
30	49	54,06	53,94	18,14	16,24	19,06			40			60			0,21
31	56	54,01	54,52	10,17	18,32	15,51			35		30	35			0,24
32	26	54,38	54,00	10,57	9,43	8,75					100				0,11
33	62	54,53	54,90	18,39	17,44	18,34			50			50			0,26
34	43	54,59	54,61	19,11	14,89	17,93			40			60			0,18
35	22	54,17	54,45	11,02	11,18	10,65					100				0,09
36	33	54,43	54,60	20,75	20,40	19,87			50			50			0,14

Média 54,54

Média 0,18

Desvio 0,06

C.V 32,05

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	14	54,58	54,14	18,26	15,86	16,74					100				0,06
38	42	54,55	54,62	18,06	17,41	15,14					100				0,18
39	21	54,36	54,66	14,41	10,08	13,69					100				0,09
40	15	54,06	54,13	16,53	15,42	15,20					100				0,06
41	49	54,18	54,45	15,87	12,69	14,82					100				0,21
42	10	53,99	54,21	14,42	14,71	10,62					100				0,04
43	26	54,25	54,41	15,81	16,00	15,07					100				0,11
44															
45	16	54,21	54,07	13,22	15,17	13,53					100				0,07
46	53										100				0,22
47	43	54,38	54,42	20,48	21,53	20,04						100			0,18
48	35	54,50	54,30	14,84	16,12	16,21					100				0,15

Média 54,32

Média 0,12

Desvio 0,07

C.V 52,43

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 8C - 23°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
49	34	54,89	54,92	18,74	14,63	16,05					100					0,14
50	43	54,66	54,82	20,87	21,52	20,47			50			50				0,18
51	34	54,70	54,68	21,00	20,69	20,85			50			50				0,14
52	30	54,47	54,40	21,45	16,50	18,45			50			50				0,13
53	41	54,40	54,60	14,11	14,25	14,29					100					0,17
54	37	54,71	54,73	17,35	9,10	19,68			50		50					0,15
55																
56	33	54,75	54,88	15,74	14,16	15,11					100					0,14
57	40	54,86	54,62	19,32	19,32	17,47			50			50				0,17
58																
59	28	54,87	54,77	16,64	12,64	15,01					100					0,12
60	49	54,83	54,70	16,21	19,43	19,79			50			50				0,20

Média 54,71

Média 0,15

Desvio 0,03

C.V 17,35

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Conv.

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
61	9	54,20	54,18	19,96	21,11	20,15					100					0,04
62	40	54,30	54,27	27,68	21,29	24,89			50			50				0,17
63	12	54,16	53,59	25,48	26,32	25,86			50			50				0,05
64	33	54,63	54,79	24,31	25,75	23,98			50			50				0,14
65	15	54,64	54,85	22,97	24,10	23,98			50			50				0,06
66																
67	6	54,45	55,26	24,64	24,48	24,33			50			50				0,02
68	23	54,83	54,89	23,79	23,19	23,13			60			40				0,10
69	14	54,59	54,49	22,99	23,21	23,01			50			50				0,06
70	41	54,88	54,58	22,64	23,57	24,24			50			50				0,17
71	43	54,99	54,97	22,83	19,42	21,61			50			50				0,18
72	25	54,57	54,65	24,92	24,71	22,26			50			50				0,10

Média 54,58

Média 0,10

Desvio 0,06

C.V 57,20

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 9C - 23°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Conv.

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	40	53,80	53,87	17,17	13,71	13,26					100					0,17
02	38	53,51	53,54	5,02	6,36	4,37					100					0,17
03	27	53,53	53,99	18,49	13,37	16,89					100					0,12
04	33	53,04	53,95	16,74	13,59	14,94					100					0,14
05	44	52,90	53,64	8,20	7,38	3,92					100					0,19
06	33	54,06	53,57	9,40	3,35	7,16					100					0,14
07	52	53,24	53,16	6,53	3,10	6,10					100					0,23
08	79	53,85	53,67	6,72	7,05	3,11					100					0,34
09	77	53,97	54,28	6,27	6,94	4,47					100					0,33
10	59	53,32	53,69	5,23	3,46	5,56					100					0,26
11	66	53,58	53,61	4,71	2,92	3,50					100					0,29
12	71	53,85	53,30	11,26	6,36	10,41					100					0,31

Média 53,62

Média 0,22

Desvio 0,08

C.V 35,25

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
13	50	54,32	54,12	16,62	15,80	17,89					100					0,21
14	26	53,85	54,39	14,79	11,51	12,92					100					0,11
15	31	54,04	54,06	18,20	15,56	17,22					100					0,13
16	47	54,29	54,46	17,02	17,06	14,81					100					0,20
17	25	54,29	54,36	14,63	12,49	13,28					100					0,11
18	30	54,74	54,70	19,86	13,15	15,41					100					0,13
19	29	54,44	54,68	18,15	12,67	15,92					100					0,12
20	70	54,18	53,83	17,24	15,14	16,74					100					0,30
21	48	53,99	54,52	14,26	14,02	15,43					100					0,20
22	62	54,62	54,54	22,24	22,29	22,71					100					0,26
23	56										100					0,24
24	47	54,21	54,12	15,76	13,57	14,48					100					0,20

Média 54,31

Média 0,18

Desvio 0,06

C.V 34,81

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 9C - 23°

Chapisco: **Ind. 2**

Argamassa: **Ind. 2**

Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	19	54,42	54,24	17,00	12,55	13,60					100				0,08
26	45										100				0,19
27	28	54,32	54,02	19,54	18,29	16,57					100				0,12
28															
29	33	54,88	54,79	20,45	15,42	16,57					100				0,14
30	29	54,97	54,72	17,61	12,61	16,66					100				0,12
31	82	54,66	54,59	19,81	12,72	15,46			20		80				0,34
32	44	54,71	54,80	19,11	18,23	18,42					100				0,18
33															
34	62	54,86	54,75	21,71	15,70	16,01					100				0,26
35	65	54,89	55,09	20,30	16,08	15,45					100				0,27
36	45										100				0,19

Média 54,67

Média 0,19

Desvio 0,08

C.V 42,91

Chapisco: **Ind. 2**

Argamassa: **Conv.**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	60	54,02	54,15	6,73	5,82	8,59					100				0,26
38	29	54,53	54,16	14,05	12,40	15,06					100				0,12
39	40										100				0,17
40	53										100				0,23
41	33										100				0,14
42	61										100				0,26
43	43	54,44	53,74	14,31	11,13	11,11					100				0,18
44	57	53,93	53,52	8,45	7,49	4,56					100				0,25
45	61	54,37	53,92	14,24	5,41	12,23					100				0,26
46	22	53,47	54,08	9,92	9,49	8,00					100				0,09
47	52	53,73	53,13	5,86	4,20	5,99					100				0,23
48	94	53,74	53,80	10,27	1,60	7,83					100				0,41

Média 53,92

Média 0,22

Desvio 0,08

C.V 38,20

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 9C - 23°

Chapisco: **Ind. 2**  
 Argamassa: **Ind. 1**  
 Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)			
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G				
49	64	54,12	54,53	17,87	17,97	14,63					100						0,27
50	32	53,42	54,54	17,79	14,77	15,62					100						0,14
51	67	53,78	54,50	11,93	10,62	9,16					100						0,29
52	42	54,49	54,54	15,61	16,92	15,55					100						0,18
53	24	54,66	54,60	19,61	15,30	14,27			60		40						0,10
54	61	54,41	54,62	14,36	11,04	13,11					100						0,26
55	53	54,70	54,59	18,41	13,59	15,93					100						0,22
56	61	54,91	54,69	13,63	9,03	11,02					100						0,25
57	35	54,21	54,98	14,91	9,93	13,11					100						0,15
58	49	54,47	53,65	15,41	11,69	16,04					100						0,21
59	54	54,55	53,14	11,88	7,81	12,65					100						0,23
60	61										100						0,26

Média 54,37

Média 0,21

Desvio 0,06

C.V 27,95

Chapisco: **Ind. 2**  
 Argamassa: **Ind. 2**  
 Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)			
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G				
61	9	53,39	54,39	15,25	10,61	14,10					100						0,04
62	22	53,94	54,34	16,52	15,23	15,56					100						0,09
63	37										100						0,16
64	20	54,32	53,66	11,85	7,49	6,53					100						0,09
65	23	54,61	54,17	4,12	4,96	2,28					100						0,10
66	30	54,42	54,56	16,74	12,09	15,02					100						0,13
67																	
68	27	54,16	53,70	8,37	6,12	8,04					100						0,12
69	30	54,09	53,54	8,94	9,10	4,98					100						0,13
70	35	53,84	53,76	12,74	10,75	11,82					100						0,15
71	13	53,48	53,76	15,12	13,10	11,82					100						0,06
72	20	54,53	53,10	15,42	11,73	15,78					100						0,09

Média 53,99

Média 0,10

Desvio 0,04

C.V 35,86

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



## 10C - 40°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Conv.

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01	24	54,24	54,16	16,30	12,94	15,33					100				0,10
02	76	53,94	54,39	22,30	22,95	22,73			50			50			0,32
03	101	54,16	54,46	25,05	24,64	18,41			50			50			0,43
04	81	54,09	53,94	15,86	14,35	15,15					100				0,35
05	47	54,32	54,30	22,37	22,25	22,49			50			50			0,20
06	105	54,20	54,07	24,61	24,03	25,05			50			50			0,45
07	45	54,10	54,17	21,92	22,11	22,71			50			50			0,19
08	85	54,16	54,59	21,57	22,15	23,01			50			50			0,36
09	70	54,63	54,29	22,25	21,43	22,24			50			50			0,29
10	82	54,18	54,04	20,75	19,81	15,82			50			50			0,35
11	32	54,29	53,91	21,23	21,68	21,71			50			50			0,14
12	70	54,12	54,38	23,00	23,35	21,14			50			50			0,30

Média 54,21

Média 0,29

Desvio 0,11

C.V 38,01

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 2

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13	72										100				0,31
14	76										100				0,32
15	78										100				0,33
16	110										100				0,47
17	64	53,82	54,47	13,43	14,97	15,64					100				0,27
18	92										100				0,39
19	82										100				0,35
20	95	54,50	54,39	21,11	16,24	16,06			50		50				0,40
21	84	54,46	54,40	16,46	20,27	20,83			50		50				0,35
22	25	54,43	54,24	20,42	20,57	20,24			50			50			0,11
23	36	54,21	54,19	14,46	20,39	21,16			50			50			0,15
24	24	53,68	54,07	18,23	16,58	18,29					100				0,10

Média 54,24

Média 0,30

Desvio 0,12

C.V 39,65

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**10C - 40°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	35	54,50	54,38	22,23	21,33	21,18			50			50			0,15
26	59	54,12	54,02	21,21	21,16	18,06			50			50			0,25
27	53	54,03	53,06	20,39	20,3	18,57			50			50			0,23
28	33	54,48	53,94	21,13	21,71	21,66			50			50			0,14
29									50			50			
30	49	53,49	54,37	19,6	18,46	18,86						100			0,21
31	51	54,20	53,91	23,78	22,71	22,47			50			50			0,22
32	61	54,36	53,88	20,31	20,42	20,58			50			50			0,26
33	65	54,03	53,79	18,75	18,88	20,03			50			50			0,28
34									50			50			
35	33	54,20	54,37	21,74	21,98	22,16			50			50			0,14
36	45	53,49	53,54	20,02	20,04	20,49			50			50			0,20

Média 54,01

Média 0,21

Desvio 0,04

C.V 21,34

Chapisco: **Ind. 2**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	80	53,41	53,43	11,35	10,92	12,08					100				0,35
38	54	54,07	54,07	20,89	22,26	20,96			50			50			0,23
39	60	54,42	54,32	22,67	19,92	21,56			50			50			0,25
40	44	54,26	53,96	21,55	19,24	19,66			50			50			0,19
41	41	54,22	54,22	21,10	20,18	21,18			50			50			0,17
42	62	54,46	54,10	22,47	23,51	23,07			50			50			0,26
43	34	53,99	54,22	22,03	22,47	21,08			50			50			0,15
44	68	53,79	54,37	20,73	21,13	22,10			50			50			0,29
45	90	53,85	54,40	21,84	23,65	22,25			50			50			0,38
46															
47															
48															

Média 54,09

Média 0,25

Desvio 0,08

C.V 31,43

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 10C - 40°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	60										100				0,25
50	55										100				0,23
51	67										100				0,28
52	98										100				0,41
53	63										100				0,26
54	74										100				0,31
55	59										100				0,24
56	80										100				0,33
57	67										100				0,28
58	50	55,18	54,73	26,57	25,82	26,11				50			50		0,21
59	61	54,99	54,99	26,90	26,53	26,13				50			50		0,25
60	38	54,89	54,86	28,84	26,72	26,49				50			50		0,16

Média 54,94

Média 0,27

Desvio 0,06

C.V 23,57

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Conv.

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	16	54,73	54,50	25,21	27,79	28,71			50			50			0,07
62	20	54,19	54,12	26,18	22,25	24,55			50			50			0,09
63	110	54,34	53,11	8,79	3,46	6,33					100				0,48
64															
65	25	54,75	54,37	22,97	24,71	25,22			50			50			0,10
66	38	54,56	54,09	23,30	20,72	23,96			50			50			0,16
67	17	53,71	53,83	28,32	25,56	27,67			50			50			0,07
68	22	54,22	53,49	26,08	25,11	24,14			50			50			0,09
69	9	53,84	53,27	23,05	20,45	22,78			50			50			0,04
70															
71															
72															

Média 54,07

Média 0,14

Desvio 0,14

C.V 102,55

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 11C - 40°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 1

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01	66	54,63	54,40	22,49	21,98	22,32			50			50			0,28
02	45	54,68	54,71	21,89	22,30	22,22			50			50			0,19
03	41	54,68	54,68	21,94	21,15	22,29			50			50			0,17
04	33	54,78	54,97	23,53	22,13	22,51			50			50			0,14
05	17	54,59	54,86	21,31	19,11	22,09			50			50			0,07
06	32	54,56	54,88	20,88	20,84	20,31			50			50			0,13
07	30	54,85	54,87	20,83	21,19	21,46			50			50			0,12
08															
09	33	54,42	54,62	20,40	20,70	20,24			50			50			0,14
10	59	54,38	54,90	20,43	21,53	20,95			50			50			0,25
11	38	54,67	54,88	21,17	21,09	20,44			50			50			0,16
12	35	54,42	54,76	20,82	20,75	21,76			50			50			0,15

Média 54,69

Média 0,16

Desvio 0,06

C.V 35,35

Chapisco: Conv.

Argamassa: Ind. 1

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13	41	54,72	54,69	17,32	16,96	20,31					100				0,17
14															
15															
16															
17	28	54,76	54,83	21,73	17,24	20,64					100				0,12
18	21	54,83	53,95	25,88	25,17	25,75				100					0,09
19	27	54,53	54,62	23,10	21,70	22,39					100				0,11
20	35	54,33	53,55	25,58	20,39	24,56				100					0,15
21															
22	42	55,00	54,79	26,00	26,02	26,96			20	80					0,17
23											100				
24	36	55,06	54,63	20,18	22,74	21,35					100				0,15

Média 54,59

Média 0,14

Desvio 0,03

C.V 23,34

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 11C - 40°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 1

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	123	54,49	54,87	4,30	10,96	14,22					100				0,51
26	83	54,59	54,95	13,88	11,52	14,64					100				0,35
27	103	54,75	54,90	17,55	16,24	13,33					100				0,43
28	60	54,73	54,89	21,40	21,57	21,90			50				50		0,25
29	71	54,79	54,87	22,45	22,52	21,55			50				50		0,29
30	71	54,63	54,64	20,05	19,01	18,60					100				0,30
31	68	54,65	54,56	23,37	22,75	22,69			50				50		0,28
32	53	54,83	55,36	20,98	23,15	21,63			50				50		0,22
33	57	54,98	54,70	23,96	18,23	21,34			50				50		0,24
34	83										100				0,35
35	91										100				0,38
36	91	54,91	54,71	17,58	19,29	17,34					100				0,38

Média 54,79

Média 0,33

Desvio 0,09

C.V 25,87

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	30	54,59	54,56	27,29	26,93	26,86			50				50		0,13
38	40	54,68	54,81	25,77	22,22	25,46			50				50		0,17
39	50	54,72	54,71	26,56	26,26	25,25			50				50		0,21
40	53	54,69	54,63	24,78	25,95	26,19			50				50		0,22
41	33	54,75	54,92	25,73	26,55	25,57				100					0,14
42	32	54,59	54,93	27,55	25,66	22,82			60	40					0,13
43															
44	26	55,66	54,58	26,63	24,63	26,43			50				50		0,11
45	66	54,63	54,68	27,33	26,63	26,68			50				50		0,28
46	36	54,58	54,62	27,29	26,88	27,39			50				50		0,15
47	33	54,81	54,74	28,28	27,50	27,19			50				50		0,14
48	43	54,48	54,72	30,33	28,43	28,90			50				50		0,18

Média 54,73

Média 0,17

Desvio 0,05

C.V 29,96

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 11C - 40°

Chapisco: Conv.

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
49	38	54,67	55,06	20,33	26,56	21,01					100					0,16
50	30	54,71	55,31	19,65	18,46	22,87					100					0,12
51	48	55,08	54,75	19,82	23,33	21,12					60	40				0,20
52	44	54,46	54,45	23,58	20,80	22,67					100					0,19
53	38	54,27	55,13	23,26	19,10	21,12				100						0,16
54	41	54,72	54,55	23,35	22,29	22,23				100						0,17
55	46	54,37	54,30	20,25	17,99	18,48					100					0,19
56	41	54,41	54,42	21,66	15,85	22,97				25	50	25				0,17
57	45	54,77	54,62	21,55	16,89	18,44					100					0,19
58	51	54,48	54,26	18,92	17,17	19,43					100					0,22
59	37	54,92	54,63	18,90	14,90	16,97					100					0,15
60	38	54,47	54,26	18,15	18,79	17,57					100					0,16

Média 54,63

Média 0,17

Desvio 0,02

C.V 14,21

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
61	56	54,62	54,70	19,63	24,06	24,00			50			50				0,23
62	85	54,73	54,69	25,11	24,90	24,18			50			50				0,35
63	100	54,91	54,71	20,26	19,05	20,73					100					0,42
64	69	54,58	54,44	16,68	15,02	15,58					100					0,29
65	50	55,11	54,81	23,16	18,75	24,62			25		50	25				0,21
66	61	54,53	54,88	20,40	19,73	20,36					100					0,25
67	114	54,67	55,20	17,27	21,86	20,73			50			50				0,47
68	85	54,48	54,87	22,10	17,45	21,76			50			50				0,36
69	80	54,57	55,03	23,68	19,99	24,32			50			50				0,33
70	82	54,74	54,74	22,10	22,11	22,56			50			50				0,34
71	56	54,78	54,76	16,19	22,03	22,30			35		30	35				0,23
72	58										100					0,24

Média 54,75

Média 0,31

Desvio 0,08

C.V 26,26

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 12C - 40°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	27										100					0,11
02	25	55,12	55,10	20,18	20,32	20,33			50				50			0,10
03	20	55,02	55,00	19,55	18,49	19,70			50				50			0,08
04	18	55,11	55,00	22,49	20,87	22,89			50				50			0,07
05	31	55,17	55,14	19,47	20,87	20,56			50				50			0,13
06	24	55,13	55,08	22,11	20,20	21,70			50				50			0,10
07	9	54,61	54,87	23,66	23,21	24,56			50				50			0,04
08	23	54,84	54,73	22,99	21,00	23,39			50				50			0,10
09	19	55,56	55,44	21,43	22,55	21,73			50				50			0,08
10	14	54,83	54,80	23,67	23,99	23,62			50				50			0,06
11	32	54,86	54,88	24,05	22,59	21,79			50				50			0,13
12	18	54,80	54,98	21,92	23,71	23,50			50				50			0,07

Média 55,00

Média 0,09

Desvio 0,03

C.V 30,95

Chapisco: Conv.

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
13	16	55,06	55,07	21,13	22,44	22,25			100							0,07
14	20	55,11	54,89	21,32	21,82	22,73			100							0,08
15	12	55,16	55,13	26,09	23,35	23,08			100							0,05
16	17	55,10	55,01	19,31	22,66	17,77			100							0,07
17	18	55,15	55,27	22,51	19,63	22,91			100							0,07
18	17	55,18	55,10	23,16	21,26	23,47			100							0,07
19	8	54,94	55,14	20,90	21,19	16,50			100							0,03
20	23	55,13	55,06	21,31	21,58	21,20			100							0,09
21	17	55,04	55,01	21,17	22,04	23,05			100							0,07
22	14	55,09	54,87	21,36	19,37	17,74			100							0,06
23	16	54,75	55,07	20,96	20,26	20,86			100							0,07
24	23	54,97	55,27	23,57	21,36	21,74			60				40			0,09

Média 55,07

Média 0,07

Desvio 0,02

C.V 25,29

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**12C - 40°**Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25	7	54,48	54,43	24,11	21,00	23,16			70			30			0,03
26	11	54,88	54,44	25,10	21,82	20,99			35	35		30			0,05
27	13	54,37	54,77	22,55	25,99	26,14			20	50		30			0,05
28	17	54,54	54,55	19,84	21,86	23,54					100				0,07
29	11	54,23	54,81	22,50	22,67	20,35			50			50			0,05
30	17	54,32	54,82	25,88	25,91	20,91			40	20		40			0,07
31	11	54,42	54,74	23,87	19,91	20,26			20	80					0,05
32									50			50			
33	8	54,34	54,18	21,50	22,80	24,75			50	50					0,03
34	9	54,45	54,61	22,30	21,26	23,60			50	50					0,04
35	15	54,87	54,75	23,21	23,95	23,35			50	50					0,06
36	14	54,87	54,79	23,69	24,26	24,30			40	60					0,06

Média 54,58

Média 0,05

Desvio 0,01

C.V 28,04

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	17	54,83	54,71	27,21	25,45	27,40			50			50			0,07
38	19	55,30	54,84	25,72	23,48	25,69			50			50			0,08
39	13	54,69	54,64	18,75	15,55	16,71					100				0,05
40	22	54,81	54,75	26,62	27,92	28,09			50			50			0,09
41	10	54,75	54,59	21,35	19,47	20,91					100				0,04
42	25										100				0,10
43	22	55,11	54,88	25,73	25,49	26,27			50			50			0,09
44	14	55,07	54,80	24,21	24,88	23,75			50			50			0,06
45	12	55,07	55,00	14,16	15,52	17,98					100				0,05
46	18	55,02	54,98	26,69	26,08	25,97			50			50			0,07
47	11	54,99	55,12	23,96	25,40	24,19			50			50			0,05
48	15	55,00	54,84	24,76	23,84	23,46			50			50			0,06

Média 54,90

Média 0,07

Desvio 0,02

C.V 29,13

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



## 12C - 40°

Chapisco: Conv.

Argamassa: Ind. 2

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
49	10	54,87	54,90	21,28	21,69	22,28			100							0,04
50	10	54,96	54,89	22,55	22,92	22,96			100							0,04
51	13											100				0,05
52	10	54,73	54,67	21,16	22,23	19,13			100							0,04
53	10	54,81	54,84	22,43	22,17	22,61			100							0,04
54	9	54,86	54,75	24,45	24,64	23,82			100							0,04
55	9	54,94	54,92	22,11	19,38	19,24			100							0,04
56	28	54,82	54,97	22,60	21,12	20,68			100							0,12
57	9	54,89	54,84	26,24	21,19	21,71			100							0,04
58	16	54,80	54,89	25,32	20,68	21,84			100							0,07
59	24	54,68	54,76	23,89	23,60	21,81			100							0,10
60	18	54,86	54,91	24,00	21,42	25,18			50					50		0,07

Média 54,84

Média 0,06

Desvio 0,03

C.V 46,55

Chapisco: Conv.

Argamassa: Conv.

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
61	11	54,61	54,27	26,79	22,97	24,74			70	30						0,05
62										100						
63	9	54,61	54,66	23,91	24,52	20,82			50	50						0,04
64										200						
65	15	54,49	54,55	24,86	23,42	24,32				100						0,06
66	12	54,59	54,56	24,59	22,62	22,82							100			0,05
67	13	54,61	54,60	22,92	24,43	19,39							100			0,05
68	9	54,49	54,64	20,15	22,26	21,74			60				40			0,04
69	15	54,55	54,40	21,99	21,85	14,67			50				50			0,06
70	13	54,55	54,70	23,29	22,87	22,49				30			70			0,05
71									40				60			
72	7	54,52	54,34	19,37	21,22	20,09			60				40			0,03

Média 54,54

Média 0,05

Desvio 0,01

C.V 24,14

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 13C - 40°

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Ind. 1**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
01															
02															
03															
04	4	54,94	54,85	23,56	22,25	20,74				100					0,02
05	2	54,98	55,28	22,66	19,81	20,47			100						0,01
06															
07	3	55,08	55,00	23,96	22,11	23,89				100					0,01
08	6	54,94	55,03	23,06	23,29	21,99				100					0,02
09	1	54,95	55,03	23,89	24,26	24,83				100					0,00
10															
11															
12															

Média 55,01 Demais corpos-de-prova romperam no corte ou colagem das pastilhas, SEMPRE na interface chapisco/ substrato. Média 0,01  
Desvio 0,01  
C.V 60,22

Chapisco: **Conv.**

Argamassa: **Ind. 2** Demais corpos-de-prova romperam no corte ou colagem

Vento: **SEM** das pastilhas, SEMPRE na interface chapisco/ substrato.

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
13	2	54,75	54,75							100					0,01
14															
15	2	54,75	54,75							100					0,01
16	1	54,88	54,11	23,08	23,92	19,36			50	50					0,00
17	1	54,83	54,67	23,48	23,81	24,57				100					0,00
18															
19	5	54,83	54,88	25,13	24,69	25,62				100					0,02
20															
21															
22	8	54,61	54,86	18,20	20,80	20,36					100				0,03
23	6	54,85	54,96	21,81	22,51	21,06				40	60				0,02
24	3	54,93	54,60	25,96	21,16	23,11			80	20					0,01

Média 54,75 Média 0,01  
Desvio 0,01  
C.V 73,17

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**13C - 40°**Chapisco: **Conv.** Caiu toda a placa na colagemArgamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
25															#DIV/0!
26															#DIV/0!
27															#DIV/0!
28															#DIV/0!
29															#DIV/0!
30															#DIV/0!
31															#DIV/0!
32															#DIV/0!
33															#DIV/0!
34															#DIV/0!
35															#DIV/0!
36															#DIV/0!

Média #DIV/0!

Média #DIV/0!

Desvio #DIV/0!

C.V #DIV/0!

Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Ind.1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
37	3	54,83	54,96	26,75	23,33	22,15			20	80					0,01
38	5	54,51	54,71	21,23	23,02	22,54			20	80					0,02
39	2	55,00	54,89	22,31	25,02	23,11				100					0,01
40	4	54,84	55,19	24,89	22,17	22,92				100					0,02
41	8	54,89	54,78	25,71	20,74	23,44			40	60					0,03
42	2	55,07	54,94	24,62	25,13	24,42				100					0,01
43	5	54,86	54,75	23,19	22,96	23,30			80	20					0,02
44	5	54,93	54,85	21,91	25,85	24,74				100					0,02
45	5	54,88	54,95	25,01	21,20	23,06				100					0,02
46															
47	4	54,82	54,90	24,24	21,70	20,36				100					0,02
48	6	54,92	54,82	21,69	21,97	21,72			50	50					0,02

Média 54,88

Média 0,02

Desvio 0,01

C.V 39,48

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco

**13C - 40°**Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	1	54,85	54,94	20,37	16,11	21,43			50	50					0,00
50	1	54,76	55,07	21,77	21,18	21,10				100					0,00
51	5	55,14	55,00	21,32	22,45	22,55				100					0,02
52	2	54,89	54,90	19,34	22,08	22,41			50	50					0,01
53	4	54,55	54,92	21,49	17,82	22,65				100					0,02
54	5	54,71	54,87	23,53	18,04	22,78			20	80					0,02
55	3	54,97	55,01	24,38	19,77	22,45			80	20					0,01
56	4	54,77	54,76	22,42	18,68	22,15				100					0,02
57	4	54,80	54,68	18,56	24,71	23,47			50	50					0,02
58	3	54,57	54,80	23,69	25,47	23,65				100					0,01
59	4	54,46	54,71	26,01	24,89	24,58				100					0,02
60	5	54,74	54,48	24,74	25,89	26,61				100					0,02

Média 54,81

Média 0,01

Desvio 0,01

C.V 42,31

Chapisco: **Conv.**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Demais corpos-de-prova romperam no corte ou colagem das pastilhas, SEMPRE na interface chapisco/ substrato.

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61															
62															
63															
64															
65															
66	1	54,78	54,91	25,60	21,03	22,22				100					0,00
67															
68															
69															
70															
71															
72															

Média 54,85

Média 0,00

Desvio #DIV/0!

C.V #DIV/0!

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 14C - 40°

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
01	6	54,95	55,16	17,78	17,11	18,12			100							0,02
02	9	55,24	55,00	15,25	18,02	15,18			100							0,04
03	23	55,10	54,99	20,12	17,73	13,78			10		90					0,09
04	20	55,01	55,00	17,86	13,48	18,19			90				10			0,08
05	15	55,04	55,16	17,06	17,08	18,13			100							0,06
06	28	54,93	54,94	19,28	15,46	19,73			90				10			0,12
07	7	55,03	55,45	18,26	7,82	11,66					100					0,03
08	11	55,08	55,19	19,16	13,99	17,34			60		30	10				0,05
09	18	55,44	55,26	18,78	11,70	14,48			10		80	10				0,07
10	10	55,13	55,06	14,45	18,64	18,97			100							0,04
11	2	55,17	55,05	18,63	15,81	17,84			100							0,01
12	9	55,35	55,19	20,70	17,42	17,65			80				20			0,04

Média 55,12

Média 0,05

Desvio 0,03

C.V 58,82

Chapisco: Ind. 1

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
13	10	54,88	54,92	23,95	23,40	24,51			50			50				0,04
14	14										100					0,06
15	17	54,88	55,28	21,74	22,30	22,65			50			50				0,07
16	8	55,03	55,09	22,64	21,65	21,70			50			50				0,03
17	7	55,04	55,90	15,20	15,45	12,42					100					0,03
18	11	54,94	55,21	22,83	13,86	18,85					100					0,05
19	18	55,03	55,98	22,63	21,94	20,90			50			50				0,07
20	11	55,07	55,03	21,05	21,21	19,47			50			50				0,05
21	13	55,34	55,10	23,34	21,65	22,56			50			50				0,05
22	11										100					0,05
23	2	55,09	54,92	21,98	22,19	18,21			100							0,01
24	7	54,97	55,02	21,77	22,63	23,14			50			50				0,03

Média 55,14

Média 0,04

Desvio 0,02

C.V 53,11

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**14C - 40°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
25	6	54,86	54,95	21,45	17,07	21,99			100							0,02
26	11	54,85	54,85	21,49	19,22	20,44			100							0,05
27	17	54,76	54,74	17,00	15,44	16,02					100					0,07
28	9	55,01	55,02	21,53	17,55	19,44			70					30		0,04
29	14								100							0,06
30	9	54,78	54,59	19,50	16,91	20,62			100							0,04
31	5	54,95	54,85	21,56	16,52	20,68			100							0,02
32	7	55,07	54,75	21,02	18,09	19,52			60					40		0,03
33	2	54,99	54,77	21,35	18,60	20,78			100							0,01
34	5	54,54	55,07	19,81	16,57	19,93			100							0,02
35	8	54,98	54,87	18,86	16,32	19,72			100							0,03
36	8	54,66	54,95	17,89	21,31	17,17			100							0,03

Média 54,86

Média 0,03

Desvio 0,02

C.V 48,86

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 2**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)		
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G			
37	14	55,23	55,22	24,15	27,96	28,16			80					20		0,06
38	17	55,48	55,32	29,63	24,62	28,22			90					10		0,07
39	19	55,16	55,09	25,39	22,72	24,91					100					0,08
40	9	55,10	55,15	27,92	26,89	27,05			50					50		0,04
41	12	55,03	55,16	27,64	24,07	25,75			90					10		0,05
42	23	55,39	55,12	23,98	20,47	22,97					100					0,09
43	16	55,17	55,16	25,93	22,88	26,95			50					50		0,07
44	15	55,17	55,14	27,85	23,82	27,89			100							0,06
45	6	55,07	55,16	28,28	25,36	29,01			100							0,02
46	8	55,21	55,17	25,68	26,04	21,68			90					10		0,03
47	5	55,21	55,15	26,40	22,92	27,10			100							0,02
48	15										100					0,06

Média 55,18

Média 0,05

Desvio 0,02

C.V 40,87

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

**14C - 40°**Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Ind. 1**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	11	55,11	55,19	23,92	24,41	21,06			50			50			0,05
50	16	55,05	54,92	24,79	19,39	24,07			50			50			0,07
51	16	55,00	54,94	18,94	13,33	18,67					100				0,07
52	5	54,98	54,99	23,76	20,25	23,01			50			50			0,02
53	9	54,92	55,00	20,3	22,35	22,91			50			50			0,04
54	12	55,08	54,97	19,61	24,23	19,1			50		50				0,05
55	11	54,86	55,03	23,25	19,74	24,62			50			50			0,05
56	11	54,92	54,94	20,6	23,63	23,46			50			50			0,05
57	11	54,93	54,90	23,16	20,12	24,1			50			50			0,05
58	11	55,00	54,96	24,11	19,06	23,51			50			50			0,05
59	10	55,00	55,09	23,42	20,27	22,85			50			50			0,04
60	10										100				0,04

Média 54,99

Média 0,05

Desvio 0,01

C.V 26,24

Chapisco: **Ind. 1**Argamassa: **Conv.**Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	7	54,92	54,78	24,62	19,72	25,21			100						0,03
62	11	54,51	54,22	13,24	6,90	9,20					100				0,05
63	11	54,76	54,77	23,89	21,27	21,87			50			50			0,05
64	11	55,05	54,38	19,22	14,36	15,74					100				0,05
65	4	54,91	55,02	24,08	21,72	21,63			100						0,02
66	10	54,93	54,86	24,23	21,61	21,32			80			20			0,04
67	13	54,99	54,13	24,50	22,69	25,01			100						0,05
68	11	54,90	54,64	19,41	11,20	17,40					100				0,05
69	5	54,96	54,66	26,09	22,16	26,21			100						0,02
70	11	54,96	54,71	20,97	24,80	21,62			100						0,05
71	2	54,89	55,04	26,59	22,00	24,41			100						0,01
72															

Média 54,77

Média 0,04

Desvio 0,02

C.V 41,61

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 15C - 40°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Conv.

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
01	7	55,11	55,05	22,57	16,39	21,54			60		20	20		0,03
02	25	55,07	55,30	21,31	13,23	21,04			10		80	10		0,10
03	19	55,14	55,04	22,83	16,13	22,21			10		80	10		0,08
04	19	55,23	55,23	22,79	18,11	22,67			50			50		0,08
05	8	55,30	55,37	20,08	17,81	22,46			100					0,03
06	14	55,29	55,56	12,40	11,86	13,26					100			0,06
07	7	55,46	55,26	12,42	23,82	23,03			30		50	20		0,03
08	21	55,58	55,75	23,21	13,78	22,71			40		20	40		0,08
09	27	55,65	55,40	24,09	18,07	23,91			50		20	30		0,11
10	20	55,39	55,19	23,22	17,06	20,73			50			50		0,08
11	12	55,59	55,57	24,50	19,01	24,64			50			50		0,05
12	25	55,53	55,66	24,25	20,34	24,76			50			50		0,10

Média 55,36

Média 0,07

Desvio 0,03

C.V 42,43

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 2

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
13	13	55,49	55,36	27,32	26,99	27,38			50			50		0,05
14	23	55,48	55,27	26,28	23,53	28,45			50			50		0,09
15	19										100			0,08
16	19	55,40	55,33	25,05	20,77	20,38			50			50		0,08
17	14										100			0,06
18	28	55,57	55,40	28,29	18,02	21,99			80			20		0,11
19	22	55,50	55,57	22,52	22,48	22,95			50			50		0,09
20	28	55,37	55,64	21,09	22,09	17,24					100			0,11
21	14	55,57	55,54	23,99	17,96	20,10			50			50		0,06
22	14										100			0,06
23	20	55,58	55,64	20,98	14,43	21,82			100					0,08
24	22	55,70	55,66	22,91	18,07	17,62			100					0,09

Média 55,50

Média 0,08

Desvio 0,02

C.V 27,73

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato



## 15C - 40°

Chapisco: **Ind. 2**

Argamassa: **Ind. 1**

Vento: **SEM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
25	10	55,18	54,92	17,47	9,06	15,93					100			0,04
26	18	55,29	55,46	24,46	24,03	22,44			50			50		0,07
27	7	55,41	55,37	25,45	15,05	23,26			20		60	20		0,03
28	24	55,38	55,33	15,34	24,39	21,53			20		50	30		0,10
29	18	55,61	55,45	24,69	19,26	20,17			50			50		0,07
30	10	55,62	55,42	26,58	16,25	21,29					100			0,04
31	13	55,44	55,44	20,7	15,92	19,39					100			0,05
32	23	55,35	55,39	26,82	24,96	26,13			50			50		0,09
33	6	55,43	55,44	26,36	22,05	24,31			100					0,02
34	20	55,45	55,73	17,14	18,34	19,1					100			0,08
35	13	55,55	55,61	25,83	22,92	27,96			30		40	30		0,05
36	13										100			0,05

Média 55,42

Média 0,06

Desvio 0,02

C.V 40,97

Chapisco: **Ind. 2**

Argamassa: **Conv.**

Vento: **COM**

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G	
37	33										100			0,14
38	24	55,09	54,77	19,16	16,15	18,50					100			0,10
39	28										100			0,11
40	19	55,38	55,25	24,62	21,43	24,70			50			50		0,08
41	19	55,30	55,09	23,39	22,55	24,71			50			50		0,08
42	30	55,55	55,11	23,93	15,79	22,81			40		30	30		0,12
43	25	55,07	55,38	22,33	21,62	21,68			50			50		0,10
44	19	55,30	55,27	21,93	22,21	18,87			50			50		0,08
45	19	55,25	55,17	22,43	19,31	22,69			50			50		0,08
46	16	55,27	55,15	20,62	15,66	21,65			45		10	45		0,07
47	40										100			0,16
48	19	55,06	55,24	22,09	17,02	17,59			40		40	20		0,08

Média 55,21

Média 0,10

Desvio 0,03

C.V 30,16

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato

## 15C - 40°

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 2

Vento: SEM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
49	19	53,09	55,10	19,01	19,00	19,21			50				50		0,08
50	22												100		0,09
51	27												100		0,11
52	14	55,66	55,52	20,72	15,36	20,59			30			50	20		0,06
53	7	55,33	55,19	21,86	17,33	20,17			100						0,03
54	27	55,34	55,25	23,25	19,28	20,00			100						0,11
55	23	55,13	55,43	22,18	16,18	22,03			50				50		0,09
56	19	55,08	55,32	18,79	22,11	17,97							100		0,08
57	10	55,42	55,28	24,78	20,23	22,46			100						0,04
58	15	55,27	55,23	25,39	17,56	20,23			50				50		0,06
59	15	55,20	55,34	25,23	21,82	20,06			50				50		0,06
60	17	55,17	55,37	27,11	22,55	21,31			100						0,07

Média 55,19

Média 0,07

Desvio 0,03

C.V 34,79

Chapisco: Ind. 2

Argamassa: Ind. 1

Vento: COM

Cp	Carga (Kgf)	Seção (mm)		Espessura (mm)			Forma de Ruptura (%)							Resist. (Mpa)	
		ø1	ø2	e1	e2	e3	A	B	C	D	E	F	G		
61	15	55,05	55,01	19,27	14,03	18,47			80				20		0,06
62	26												100		0,11
63	24	55,08	55,74	10,08	10,93	3,94							100		0,10
64	23	55,15	55,08	11,28	4,05	8,02							100		0,09
65	29												100		0,12
66	16												100		0,07
67	21												100		0,09
68	31	55,25	55,68	9,46	2,56	7,94							100		0,13
69	9						100								0,04
70	23												100		0,09
71	27	55,19	54,91	17,07	18,56	14,51							100		0,11
72	19	55,12	55,05	18,48	16,12	17,56							100		0,08

Média 55,19

Média 0,09

Desvio 0,03

C.V 28,70

Formas de ruptura	
A	interface pastilha/cola
B	interface cola/argamassa
C	interface argamassa/chapisco
D	interface chapisco/substrato
E	na argamassa
F	no chapisco
G	no substrato