

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DA FORMA DE
APLICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO CHAPISCO**

Josiane Gasperin

Porto Alegre
2011

Josiane Gasperin

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DA FORMA DE
APLICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO CHAPISCO**

Defesa de mestrado apresentado 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. Orientação: Prof.a. Dra. Angela Borges Masuero.

Porto Alegre
2011

CIP - Catalogação na Publicação

Gasperin, Josiane

Aderência de Revestimentos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência da Forma de Aplicação e Composição do Chapisco / Josiane Gasperin.

-- 2011.
179 f.

Orientadora: Angela Borges Masuero.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Revestimento de Argamassa. 2. Resistência de Aderência . 3. Argamassa de Chapisco. 4. Substrato de Concreto. 5. Manifestações Patológicas. I. Borges Masuero, Angela, orient. II. Título.

JOSIANE GASPERIN

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DA FORMA DE
APLICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO CHAPISCO**

Porto Alegre, 26 de maio de 2011

Prof.a Angela Borges Masuero (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Coordenador PPGE/UFGRS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Claudio de Souza Kazmierczak (UNISINOS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Mauricio Mancio (UFRGS)
Dr. pela Universidade da Califórnia

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco (UFRGS)
Dr. pela Pennsylvania State University

Dedico este trabalho aos meus pais, Olita e Darci,
meus grandes amores e incentivadores dedicados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, as pessoas que sempre estiveram comigo, dedicando cada minuto de suas vidas a me fazer uma pessoa melhor, apoiando minhas escolhas, dando carinho, amor, compartilhando não só os momentos de conquista e alegria como também os momentos de angústia e dúvidas, meus pais Olita e Darci. A minha irmã Carolina, por cuidar de mim, principalmente logo que cheguei a esta cidade, e que, de varias maneiras, me ajudou a crescer e amadurecer, ainda, é claro, por me dar meu sobrinho Domenico que é uma inspiração de alegria e carinho.

Às “Best friends” Carla Carrapatoso, Gabriela Miralha, Paula Guimarães, eternas amigas e incentivadoras, que compartilharam, de longe ou de perto, cada etapa fácil ou difícil que realizei, que me deram um ombro amigo, SEMPRE, com festas ou longas noitadas de conversa.

À minha orientadora Angela Borges Masuero por todo conhecimento transmitido e por me tornar uma profissional ainda mais qualificada. Aos demais professores do NORIE, que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento desta pesquisa, em especial ao Prof. Luis Carlos Bonin que, em muitas vezes, dedicou seu tempo me ajudando a resolver minhas dúvidas.

Ao Márton Longhi, pela dedicação, empenho e competência como bolsista de iniciação científica que muito me auxiliou no desenvolvimento desta pesquisa. Aos demais bolsistas Camila Lopez, Patrícia Mallmann e Priscila da Rosa que também colaboraram para a realização deste trabalho.

À Cristina Vitorino, minha colega e amiga, que muitas vezes trabalhou junto comigo, botando a “mão na massa”, carregando peso, rindo, reclamando, que compartilhou os meus momentos de insanidade, de alegria e de cansaço, muito obrigada!

Às amigas Renata Tubelo, Christiane Krum e Patrícia Poyastro pelos “happys” que foram sempre muito importantes para mim.

Aos demais colegas de NORIE, Abrahão Rohden, Giselle Reis, Juliana Senisse, Luciana Cordeiro e Carina Stolz sempre prestativos.

Ao Aírton e ao Sr. Gilmar pela inestimável ajuda em laboratório que possibilitou a realização deste trabalho. Ao Fontes e ao Sr. Edgar, pelas numerosas acessórias fornecidas.

A todas as empresas que doaram material para a viabilização desta pesquisa.

Por fim, ao CAPES por fornecer a bolsa de mestrado e possibilitar com isso a realização do meu mestrado.

RESUMO

GASPERIN, J. **Aderência de Revestimentos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência da Forma de Aplicação e Composição do Chapisco**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Revestimentos de argamassa, embora largamente utilizados, ainda e cada vez mais, geram interesse, tanto por parte do meio acadêmico quanto pelas empresas construtoras. Este fato se deve pela, sempre presente, necessidade de melhoria da tecnologia, visando, principalmente, maior conhecimento dos elementos constituintes do sistema de revestimento e, também, devido ao grande número de manifestações patológicas ocorridas neste tipo de revestimento, em especial o descolamento. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da camada de preparo da base, o chapisco, quanto a sua forma de aplicação e composição, na resistência de aderência de revestimentos de argamassa aplicados sobre substrato de concreto de baixa porosidade. Para isso, foram moldadas placas de concreto com dimensões de (35x25x5)cm e resistência, aos 28 dias de, aproximadamente, 30MPa, que receberam argamassa de chapisco e posteriormente foram revestidos com argamassa de revestimento. Afim de isolar o efeito do chapisco, nesta pesquisa, o substrato de concreto e a argamassa de revestimento foram mantidos fixos, sendo, então, o chapisco o único elemento variável do sistema. Em relação ao chapisco variou-se sua forma de aplicação (manual e mecanizada), sua composição, onde foi analisada a mudança de granulometria (uma contínua e bem graduada e uma descontínua e mal graduada), a introdução de sílica ativa e de aditivo retentor de água. O substrato de concreto teve cura submersa em água e cal, durante 28 dias, e a argamassa de chapisco e a argamassa de revestimento foram curadas à temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $60\pm 10\%$ por 3 e 28 dias, respectivamente. Após 59 dias do início da moldagem, o conjunto “substrato+chapisco+argamassa de revestimento” foi submetido aos ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento. A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que quanto a forma de aplicação, a aplicação mecanizada utilizada, de recipiente acoplado, a canequinha, não gerou resultados satisfatórios, uma vez que para as características da argamassa de chapisco utilizada, sendo está de alta relação água/cimento, a aplicação resultou em uma camada desuniforme, mostrando que aplicação manual, mesmo rústica, para chapiscos ainda é a melhor escolha. Quanto a composição do chapisco, os melhores resultados obtidos para a resistência de aderência foram obtidos com chapiscos confeccionados com areia de granulometria contínua e bem graduada. A introdução da sílica no chapisco mostrou uma tendência de melhora para a resistência de aderência à tração e uma melhoria significativa, comprovada por análise estatística, na resistência ao cisalhamento e a introdução de aditivo retentor de água, promoveu uma melhora significativa na resistência de aderência à tração e uma tendência de melhora na resistência de aderência ao cisalhamento.

Palavras-chave: Revestimentos de argamassa; resistência de aderência; argamassa de chapisco; substrato de concreto, manifestações patológicas.

ABSTRACT

GASPERIN, J. **Aderência de Revestimentos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência da Forma de Aplicação e Composição do Chapisco**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Mortar Rendering Bond in Concrete Substrate: Influence of the Application Form and Composition of slurry mortar

Although widely used, mortar wall coverings still generate interest by both academia and construction companies. This fact is caused by the ever-present need for improved technology, having as principal objective the more refined knowledge about the constituents of the coating system and also the large number of pathologies occurring in this type of siding, in particular its detachment. In this context, this study had the objective of analyzing the influence of the application form and composition of slurry mortar on the bonding strength of coatings applied over concrete substrate. For this, concrete plates of 35x25x5cm were molded, with compressive strength at 28 days of, approximately, 30MPa. After that, the plates were coated with coating mortar and slurry mortar. In order to isolate the effect of slurry mortar in this research, the concrete substrate and mortar coating were kept fixed, and the slurry mortar is the only variable element of the system. It was varied the form of application (manual and mechanized), the composition, where were analyzed the change of sand granulometry (a continuous and well-graded, a discontinuous and bad-graded), the introduction of silica and water retaining additive. The concrete substrate was curing in water and lime for 28 days, and mortar coating and slurry mortar were cured at $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $60\pm 10\%$, for 3 and 28 days, respectively. After 59 days from the start of the molding of concrete plates, the "substrate+slurry mortar+mortar coating" samples were subjected to tests of tensile bond strength and shear. From the results obtained, were is can be said that the mechanized application form used did not generate satisfactory results, possibly due to high water/cement ratio of the slurry mortar used, resulting in an uneven layer, showing that manual application, even rustic, for slurry mortar is still the best choice. For the composition of slurry mortar, the best results for bond strength were obtained with slurry mortars made with well-graded sand with a continuous granulometric. The introduction of silica in the slurry mortar showed a tendency to increase the tensile bond strength and a significant increase, proven by statistical analysis, in shear bond strength. The introduction of water retaining additive, a significant improvement in tensile bond strength and a tendency to increase the shear bond strength.

Key-words: Rendering mortar; tensile bond strength; slurry mortar; concrete substrate, pathological manifestations.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 OBJETIVOS.....	23
1.2 HIPÓTESES	23
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 SISTEMA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA.....	25
2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	27
2.2 ARGAMASSA DE CHAPISCO (CAMADA DE PREPARO)	28
2.2.1 Tipos de Chapisco.....	29
2.2.1.1 Chapisco Convencional ou aplicado com colher de pedreiro	30
2.2.1.2 Chapisco Adesivo ou Desempenado	30
2.2.1.3 Chapisco Rolado.....	31
2.3 SUBSTRATO DE CONCRETO.....	32
3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA	35
3.1 MECANISMOS DE ADERÊNCIA.....	36
3.1.1 Adesão Inicial.....	36
3.1.2 Aderência	37
3.1.3 Interface entre Camadas do Sistema de Revestimento.....	41
3.2 EFEITO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES.....	44
3.2.1 Aglomerantes.....	45
3.2.2 Relação água/cimento	47
3.2.3 Agregados	48
3.2.4 Aditivos e Adições	49
3.3 EFEITO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	50
3.3.1 Consistência e retenção da consistência	51
3.3.2 Plasticidade.....	52
3.3.3 Trabalhabilidade	53
3.3.4 Retenção de Água	53
3.3.5 Teor de Ar Incorporado	55
3.3.6 Capacidade de Absorver Deformações	56
3.3.7 Resistências Mecânicas	56
3.3.8 Absorção	57
3.4 INFLUÊNCIA DA FORMA DE APLICAÇÃO.....	58

3.5	INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CURA: TEMPERATURA E UMIDADE	61
4	PROGRAMA EXPERIMENTAL	64
4.1	VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	64
4.2	ELEMENTOS NÃO VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL	66
4.2.1	Argamassa de Revestimento	66
4.2.1.1	Materiais Constituintes – Caracterização	66
4.2.1.1.1	Cimento.....	67
4.2.1.1.2	Cal Hidratada.....	67
4.2.1.1.3	Agregado miúdo.....	67
4.2.1.2	Forma de Aplicação da Argamassa de Revestimento	68
4.2.1.3	Dosagem da argamassa.....	69
4.2.2	Substrato de Concreto.....	69
4.2.2.1	Dimensões do Substrato.....	69
4.2.2.2	Fôrmas para Concretagem	69
4.2.2.3	Materiais Constituintes – Caracterização	70
4.2.2.3.1	Cimento.....	70
4.2.2.3.2	Agregados.....	71
4.2.2.4	Dosagem e Resistência à Compressão do Concreto	72
4.2.2.5	Moldagem e Cura dos Corpos-de-prova	73
4.2.2.6	Tratamento Superficial do Substrato	73
4.2.3	Condições de Cura do Sistema de Revestimento.....	74
4.3	FATORES CONTROLÁVEIS	75
4.3.1	Efeito da Granulometria do Agregado na Composição do Chapisco.....	75
4.3.2	Efeito da Introdução de Sílica Ativa na Composição do Chapisco.....	77
4.3.3	Efeito da Introdução de Aditivo Retentor de Água no Chapisco	78
4.3.4	Efeito da Forma de Aplicação do Chapisco.....	79
4.4	VARIÁVEIS DE RESPOSTA – ENSAIOS REALIZADOS	80
4.4.1	Caracterização e Controle dos Materiais	80
4.4.1.1	Concreto do Substrato	80
4.4.1.1.1	Estado Fresco – Abatimento.....	80
4.4.1.1.2	Estado Endurecido – Resistência à Compressão.....	81
4.4.1.1.3	Estado Endurecido – Absorção de Água por Capilaridade	81
4.4.1.2	Argamassa de Revestimento e Argamassa de Chapisco.....	81
4.4.1.2.1	Estado Fresco – Consistência.....	81
4.4.1.2.2	Estado Fresco – Retenção de Água.....	82

4.4.1.2.3	<i>Estado Fresco – Densidade e Teor de Ar Incorporado</i>	82
4.4.1.2.4	<i>Estado Endurecido – Resistência à Tração na Flexão e Resistência à Compressão (Ensaio Mecânicos)</i>	82
4.4.1.2.5	<i>Estado Endurecido – Absorção de Água por Capilaridade</i>	83
4.4.1.2.6	<i>Estado Endurecido – Módulo de Deformação Dinâmico</i>	83
4.4.1.2.7	<i>Estado Endurecido – Densidade de Massa Aparente</i>	84
4.4.2	Resistência de Aderência à Tração.....	86
4.4.3	Resistência de Aderência ao Cisalhamento	86
4.4.4	Extensão de Aderência - Lupa Estereoscópica.....	87
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	88
5.1	SUBSTRATO DE CONCRETO.....	88
5.1.1	Abatimento e Densidade de Massa.....	88
5.1.2	Resistência à Compressão Simples	89
5.1.3	Absorção de Água por Capilaridade.....	89
5.2	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	89
5.2.1	Consistência	90
5.2.2	Retenção de Água	90
5.2.3	Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado	91
5.2.4	Resistência à Tração na Flexão.....	92
5.2.5	Resistência à Compressão.....	92
5.2.6	Absorção de Água por Capilaridade.....	93
5.3	CAMADA DE PREPARO (CHAPISCO).....	94
5.3.1	Dosagem da Água da Argamassa de Chapisco	94
5.3.2	Consistência	95
5.3.3	Retenção de Água	96
5.3.4	Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado	98
5.3.5	Resistência à Tração na Flexão.....	102
5.3.6	Resistência à Compressão.....	105
5.3.7	Absorção de Água por Capilaridade.....	110
5.3.8	Módulo de Deformação Dinâmico	114
5.3.9	Densidade de Massa Aparente	119
5.4	SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA.....	126
5.4.1	Resistência de Aderência à Tração.....	126
5.4.1.1	Resistência de Aderência à Tração: Influência da Sílica.....	126
5.4.1.2	Resistência de Aderência à Tração: Influência do Aditivo Retentor de Água .	135

5.4.2 Resistência de Aderência ao Cisalhamento	141
5.4.2.1 Resistência de Aderência ao Cisalhamento: Influência da Sílica.....	141
5.4.2.2 Resistência de Aderência ao Cisalhamento: Influência do Aditivo Retentor de Água	151
5.4.3 Extensão de Aderência – Lupa Estereoscópica.....	159
5.4.4 Influência da Alta Temperatura na Cura do Chapisco com Uso de Aditivo Retentor de Água na Resistência de Aderência do Revestimento.....	162
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	168
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	171
REFERÊNCIAS	172
APÊNDICES.....	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização física, química e mecânica do cimento CPIV	67
Tabela 2: Caracterização física e química da cal hidratada.....	67
Tabela 3: Caracterização física do agregado utilizado para argamassa	68
Tabela 4: Dosagem da argamassa de revestimento	69
Tabela 5: Caracterização física, química e mecânica do cimento CPII-Z	71
Tabela 6: Caracterização física do agregado miúdo utilizado no concreto	71
Tabela 7: Caracterização física do agregado graúdo utilizado no concreto	72
Tabela 8: Características dos traços dosados com teor de argamassa de 56%.....	73
Tabela 9: traço unitário e quantificação de materiais para fck=30MPa	73
Tabela 10: Caracterização física da areia CB	76
Tabela 11: Caracterização física da areia DM.....	76
Tabela 12: Características do aditivo retentor de água.....	79
Tabela 13: Abatimento médio do concreto do substrato	88
Tabela 14: Densidade de massa média do concreto	88
Tabela 15: Resistência à compressão média do concreto do substrato, aos 28 dias.....	89
Tabela 16: Absorção de água por capilaridade média do concreto, aos 28 dias	89
Tabela 17: Índice de consistência médio da argamassa de revestimento	90
Tabela 18: Retenção de água média da argamassa de revestimento.....	90
Tabela 19: Densidade de massa média da argamassa de revestimento	91
Tabela 20: Teor de ar incorporado, por amostra, da argamassa de revestimento.....	91
Tabela 21: Resistência à tração na flexão média da argamassa de revestimento, aos 28 dias	92
Tabela 22: Resistência à compressão média da argamassa de revestimento, aos 28 dias..	93
Tabela 23: Absorção de água por capilaridade média da argamassa de revestimento, aos 28 dias.....	93
Tabela 24: Proporcionamento da argamassa de chapisco CB	94
Tabela 25: Proporcionamento da argamassa de chapisco DM	95
Tabela 26: Resumo das Composições das argamassas de chapisco.....	95
Tabela 27: Consistência média para as argamassas de chapisco	96
Tabela 28: Retenção de água para as argamassas de chapisco	97
Tabela 29: Densidade média em estado fresco das argamassas de chapisco.....	98

Tabela 30: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco	98
Tabela 31: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na densidade de massa das argamassas de chapisco	100
Tabela 32: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco	100
Tabela 33: Teor de ar incorporado médio das argamassas de chapisco, método gravimétrico	101
Tabela 34: Teor de ar incorporado médio das argamassas de chapisco, método pressiométrico.....	101
Tabela 35: Resistência à tração na flexão média das argamassas de chapisco, aos 28 dias	102
Tabela 36: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28dias	102
Tabela 37: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	103
Tabela 38: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	104
Tabela 39: Resistência à compressão média das argamassas de chapisco, aos 28 dias...	105
Tabela 40: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28dias	106
Tabela 41: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	107
Tabela 42: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	108
Tabela 43: Absorção de água por capilaridade média das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	110
Tabela 44: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	110
Tabela 45: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	112
Tabela 46: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	114
Tabela 47: Módulo de deformação dinâmico médio das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	115

Tabela 48: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	115
Tabela 49: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	116
Tabela 50: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	117
Tabela 51: Densidade de massa média das argamassas de chapisco, aos 28 dias	119
Tabela 52: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	120
Tabela 53: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	121
Tabela 54: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	122
Tabela 55: Resumo dos resultados obtidos nos ensaios realizados para controle e caracterização das argamassas de chapisco	124
Tabela 56: Resumo com valores médios obtidos nos ensaios realizados para controle e caracterização das argamassas de chapisco	125
Tabela 57: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias.....	127
Tabela 58: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias.....	127
Tabela 59: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias.....	128
Tabela 60: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias	128
Tabela 61: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias	130
Tabela 62: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias	130
Tabela 63: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias	131
Tabela 64: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias.....	131
Tabela 65: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	132

Tabela 66: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	136
Tabela 67: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	136
Tabela 68: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	137
Tabela 69: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	137
Tabela 70: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	139
Tabela 71: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias	142
Tabela 72: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias	142
Tabela 73: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias	143
Tabela 74: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias.....	143
Tabela 75: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias.....	145
Tabela 76: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias.....	145
Tabela 77: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias	146
Tabela 78: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias	146
Tabela 79: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	148
Tabela 80: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	151
Tabela 81: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias.....	152
Tabela 82: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	152
Tabela 83: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias.....	153

Tabela 84: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	154
Tabela 85: Resumo de significâncias para as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento para as combinações com utilização de sílica ativa	156
Tabela 86: Resumo de significâncias para as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento para as combinações com utilização de aditivo retentor de água	156
Tabela 87: Tabela resumo de significância das variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa para as resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	157
Tabela 88: Tabela resumo de significância das variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa para as resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	158
Tabela 89: Valores individuais de resistência de aderência à tração, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias.....	163
Tabela 90: Valores individuais de resistência de aderência à tração, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias.....	164
Tabela 91: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e das diferentes curas na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	164
Tabela 92: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias.....	166
Tabela 93: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias	166
Tabela 94: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e das diferentes curas na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Solicitações impostas ao sistema de revestimento (Fonte: Leal, 2003).....	26
Figura 2: Aspecto do chapisco convencional (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005)	30
Figura 3: Aspecto do chapisco desempenado (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005).....	31
Figura 4: Aspecto do chapisco rolado (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005).....	32
Figura 5: Mecanismo de adesão mecânica (Fonte: Pretto (2007)).....	35
Figura 6: Condições de “molhabilidade” de uma superfície, para diferentes ângulos de contato θ . (a) superfície superhidrófila, $\theta = 0^\circ$; (b) superfície com “molhabilidade” parcial, $180^\circ > \theta > 0^\circ$; (c) superfície superhidrofuga, $\theta = 180^\circ$ (Fonte: Pretto, 2007).....	37
Figura 7: Evolução da aderência segundo a teoria dos poros ativos (Fonte: Adaptado de Antunes, 2005).....	39
Figura 8: (a) Líquido em contato total com a superfície; (b) Líquido com falhas no contato com a superfície (Fonte: Pretto, 2007).....	40
Figura 9: Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassa mista de cimento, cal e areia e blocos cerâmicos (Fonte: Scartezini, 2002)	42
Figura 10: (a) Cristais de etringita dentro de um poro na interface chapisco com SCA/concreto (Mag=5.000 X) e (b) Cristais de etringita na interface chapisco comum/concreto (Mag=5.000X) (Fonte: Silva e Libório, 2003).....	43
Figura 11: Projetor com recipiente acoplado (canequinha): (a) vista da expulsão mistura e (b) vista frontal.....	59
Figura 12: Projeção de argamassa através de bombas: (a) aplicação da argamassa e (b) misturador de argamassa	60
Figura 13: Representação esquemática das “mini-paredes”	65
Figura 14: Fluxograma com as variações propostas para este estudo	66
Figura 15: (a) Vista geral do equipamento, (b) argamassa após queda livre e (c) aspecto final da argamassa após aplicação	68
Figura 16: Fôrmas utilizadas para moldagem dos prismas de concreto: (a) aspecto do concreto antes de vibrado e (b) aspecto do concreto após vibração.....	70
Figura 17: (a) escova de cerdas de aço e brocha, da esquerda para direita, utilizados para limpeza, e (b) aspecto final da superfície após escovação	74
Figura 18: Fatores controláveis do programa experimental e seus níveis	75
Figura 19: Formas de aplicação da argamassa de chapisco – (a) manual; (b) mecanizada	79
Figura 20: Matriz experimental da pesquisa	80
Figura 21: Resumo dos ensaios de caracterização e controle dos componentes do sistema de revestimento	85
Figura 22: Resumo dos ensaios realizados para avaliação do sistema de revestimento	87
Figura 23: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco	99
Figura 24: Influência da introdução de aditivo retentor de água sobre a densidade de massa, em estado fresco, das argamassas de chapisco	100

Figura 25: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	103
Figura 26: Influência da introdução de sílica ativa sobre a resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	104
Figura 27: Influência da introdução do aditivo retentor de água sobre a resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	105
Figura 28: Influência da granulometria na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	106
Figura 29: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	107
Figura 30: Influência da introdução de sílica ativa sobre a resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	108
Figura 31: Influência da granulometria na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	109
Figura 32: : Influência da introdução de aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias	109
Figura 33: Influência da granulometria na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	111
Figura 34: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	111
Figura 35: Influência da granulometria da areia na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	112
Figura 36: Influência da granulometria e introdução de sílica ativa e na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	113
Figura 37: Influência da granulometria da areia na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias	114
Figura 38: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	115
Figura 39: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	116
Figura 40: Influência da interação entre a granulometria e a introdução de sílica ativa no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	117
Figura 41: Influência da granulometria no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	118
Figura 42: Influência do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias	118
Figura 43: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	120
Figura 44: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	120
Figura 45: Influência da granulometria na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	121

Figura 46: Influência da introdução da sílica ativa na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	122
Figura 47: Influência da introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias	123
Figura 48: Influência da interação entre a granulometria e a introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias.....	123
Figura 49: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual sem adição; (e à h) CB mecanizado sem adição; (i à m) DM manual sem adição e (n à q) DM mecanizado sem adição.....	129
Figura 50: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual com sílica; (e à h) CB mecanizado com sílica; (i à m) DM manual com sílica e (n à q) DM mecanizado com sílica.....	132
Figura 51: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa e a granulometria das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	133
Figura 52: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa e a forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	133
Figura 53: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias.....	134
Figura 54: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual com retentor de água; (e à h) CB mecanizado com retentor de água; (i à m) DM manual com retentor de água e (n à q) DM mecanizado com retentor de água	138
Figura 55: Influência da forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração aos 28 dias	139
Figura 56: Influência da introdução de aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração aos 28 dias.....	140
Figura 57: Influência da interação entre a introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração	140
Figura 58: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual sem adição; (e à h) CB mecanizado sem adição; (i à m) DM manual sem adição e (n à q) DM mecanizado sem adição.....	144
Figura 59: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual com sílica; (e à h) CB mecanizado com sílica; (i à m) DM manual com sílica e (n à q) DM mecanizado com sílica	147
Figura 60: Influência da granulometria do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias	148
Figura 61: Influência da forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias	150
Figura 62: Influência da introdução de sílica ativa no chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	150
Figura 63: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual com retentor de água; (e à h) CB	

mecanizado com retentor de água; (i à m) DM manual com retentor de água e (n à q) DM mecanizado com retentor de água.....	153
Figura 64: Influência da granulometria do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias	154
Figura 65: Influência da forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias	155
Figura 66: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa (no teor de 0%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias	157
Figura 67: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa (no teor de 5%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias	157
Figura 68: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água (teor de 0%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias	158
Figura 69: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água (teor de 0,25%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias	159
Figura 70: Imagens obtidas pela lupa estereoscópica para as combinações de chapisco com aplicação manual	160
Figura 71: Imagens obtidas pela lupa estereoscópica para as combinações de chapisco com aplicação mecanizada	160
Figura 72: Caixa para cura a altas temperaturas: (a) vista interna; (b) vista do conjunto aberto e (c) vista do conjunto fechado	163
Figura 73: Influência da granulometria na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência à tração, aos 28 dias	165
Figura 74: Influência da granulometria na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias	167

LISTA DE ABREVIATURAS

μm : micro metro (10^6 metros)

$^{\circ}\text{C}$: grau Celsius

Θ : ângulo de contato entre a superfície sólida e a fase líquida

\emptyset : diâmetro

α : teor de argamassa

a: relação agregado miúdo seco / cimento em massa (kg/kg)

a/c: relação água/cimento

a.C.: antes de Cristo

ACI: American Concrete Institute

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AlO^{4-} : íon aluminato

Ca^{2+} : íon cálcio

CaO: óxido de cálcio

$\text{Ca}(\text{OH})_2$: hidróxido de cálcio

C_3A : aluminato tricálcico

C-S-H: silicato de cálcio hidratado

C_2S : silicato dicálcico

C_3S : silicato tricálcico

C_4AF : ferroaluminato tetracálcico

CB: contínua e bem graduada

Cc: consumo de cimento

CIENTEC: Fundação de Ciência e Tecnologia

cim: cimento

cm: centímetros

CMC: carboximetil celulose

CP II-Z: cimento Portland composto com adição pozzolânica

CP IV: cimento Portland pozzolânico

DM: descontínua e mal graduada

F (calc): valor calculado de f

g/cm^3 : grama por centímetro cúbico

GLD: grau de liberdade

h: altura

HEC: hidroxietil celulose

INSA: Institut National de Sciences Appliquées

IPT/EPUSP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo/ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

kg: kilograma

LACER: Laboratório de Materiais Cerâmicos

LEME: Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais

m: relação agregados secos / cimento em massa (kg/kg)

m: metro

mm: milímetro

m^2/kg : metro quadrado/kilograma

MPa: Mega Pascal

MC: metil celulose

MHEC: metil hidroxietil celulose

MHPC: metil hidroxipropil celulose

MQ: média quadrática

NBR: Norma Brasileira Regulamentada

NM: Asociación Mercosur de Normalización

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

p: relação agregado graúdo seco / cimento em massa (kg/kg)

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

SCA: sílica da cinza da casca de arroz

S/D: sem data

S: efeito / valor significativo

NS: efeito/ valor não significativo

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1 INTRODUÇÃO

Revestimentos de argamassa, embora amplamente empregados, ainda e cada vez mais, despertam interesse por parte de pesquisadores e empresas construtoras. Este interesse se justifica pela, sempre presente, busca por novas tecnologias empregadas na indústria da construção civil e, também, por melhorias das já existentes; além disso, pode ser explicado pela necessidade de maior conhecimento das propriedades das argamassas como revestimento e seu entendimento como parte de um sistema e não somente como um material.

No Brasil, a busca pelo conhecimento da tecnologia do revestimento de argamassa pode ser evidenciada pelo esforço traduzido nas publicações realizadas nos últimos Simpósios Brasileiros de Tecnologias das Argamassas, principal evento desta área, onde pode-se citar alguns trabalhos como: Silva e Libório (2005), Silva *et al.* (2007), Paravisi *et al.* (2007) e Macedo *et al.* (2007), e mais recentemente podemos citar Silva, Gomes e Santos (2009), Costa e Carasek (2009), entre outros.

Além disso, uma outra motivação para pesquisas relacionadas aos revestimentos de argamassa, embora estes sejam muito utilizados tanto como revestimento final como também como base para diferentes acabamentos, está associada à necessidade de solucionar e prevenir o aparecimento de manifestações patológicas, que, cada vez tornam-se mais comuns nos edifícios. Dentre estas manifestações podem ser citadas: fissuras, insuficiência de aderência (descolamento), retração, mancha de umidade, entre outras (MOURA, 2007). Estas manifestações patológicas ao aparecerem nas fachadas das edificações podem conferir insegurança e comprometer o conforto dos usuários, além de desvalorizarem esteticamente o edifício.

Destas manifestações, segundo um levantamento realizado por Costa (2005), em obras localizadas na cidade de Porto Alegre, as fissuras e descolamentos foram as manifestações patológicas que tiveram maior ocorrência. Em outro estudo, Carasek, Cascudo e Jucá (2005), analisaram nove obras na cidade de Brasília, e concluíram que descolamentos e fissuras foram, também, as manifestações patológicas que obtiveram destaque.

Considerando estas manifestações patológicas de maior ocorrência, um cuidado especial deve ser dado aos casos de descolamento. Primeiramente, porque descolamento de revestimentos em argamassa, em fachadas externas, pode representar um indicativo de

perigo para os usuários da edificação e pedestres; depois, porque a entrada de água e outros agentes agressivos, no local do descolamento, pode fragilizar a estrutura e desencadear outras manifestações patológicas; além do efeito estético indesejado (MOURA, 2007).

Sabe-se que o descolamento está diretamente relacionado ao mecanismo de aderência, sendo causado pela insuficiente aderência entre o substrato e a camada de preparo da base¹ (chapisco) ou entre esta camada e a camada de revestimento. Autores como Araújo Jr. (2004) e Moura (2007) citam 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 e exposição. Ainda, segundo Moura (2007), “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”.

Sendo assim, devido à complexidade do assunto, considerando a grande quantidade de combinações possíveis entre tipos de substratos e variedades de preparo de sua superfície, tipos de argamassa de revestimentos, materiais, formas de execução, além da interação entre esse sistema e as diversas condições de agressividade que o meio ambiente oferece, têm-se uma diversidade de possibilidades a serem estudadas.

Visando melhorar o desempenho dos sistemas de revestimentos, muitas pesquisas têm sido realizadas, algumas com foco em melhorar a formulação da argamassa de revestimento, outras com foco na melhoria do substrato. Entre estes pode-se citar: Tristão (1995), Leal (2003), Araújo Jr. (2004), Silva (2004), Moura (2007), Pereira (2007), Fernandes (2007) e Ruduit (2009). Ainda, podem ser citados, no âmbito internacional, trabalhos como o de Halamickova *et al.* (1995), Schutter e Poppe (2004), Courard *et al.* (2003), Ezziane *et al.* (2007).

No caso de descolamentos, nos últimos anos, ganham destaque as estruturas de concreto que tem registrado inúmeras ocorrências deste tipo manifestação patológica. Gerado pela competitividade entre as empresas do ramo da construção civil e pela busca da durabilidade, as estruturas de concreto obtiveram grande avanço tecnológico. Este avanço, também traduz as tendências modernas. Segundo Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), até duas décadas atrás, havia a predominância de casas térreas ou edifícios com poucos

¹ A preparação de base não é considerada uma camada do revestimento, já que pode consistir no pré-umedecimento com água ou ainda, mesmo que se aplique o chapisco, este não cobre por completo o substrato (CANDIA, 1998).

pavimentos, e, ainda, com vãos relativamente pequenos. Isso, aliado a grandes prazos para a execução dos edifícios, faziam com que as tensões de tração e cisalhamento não fossem capazes de provocar manifestações patológicas.

Porém, atualmente, o contexto é bastante diferente. Hoje, as alturas dos edifícios são bem maiores, seus vãos cada vez mais longos e seus prazos para execução cada vez mais enxutos. Para que fosse possível esse aumento de altura e a majoração dos vãos foi necessária uma evolução nas estruturas de concreto, e estas mudanças provocaram o aumento da resistência à compressão do concreto, dos valores comumente usados, da ordem de 15 a 18 MPa para os atuais 30 a 35 MPa (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005).

Esta evolução beneficiou a vida moderna, porém, acarretou problemas nos outros campos tecnológicos. Concretos mais resistentes são concretos com maior compacidade, ou seja, são concretos menos porosos. Carasek (1996), Scartezini *et al.* (2002) e Duailibe, Cavani e Oliveira (2005) citam que a aderência relaciona-se ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, onde a ancoragem da argamassa ao substrato é obtida através da penetração da pasta de cimento nos poros, reentrâncias e saliências da base, seguidas de seu endurecimento. Logo, com a diminuição destes poros microscópicos, reduz-se também a aderência das argamassas de revestimento a esta nova formulação de substrato, gerando, com isso, o aumento nas manifestações patológicas como o descolamento.

Como forma de resolver este problema, muito comumente utiliza-se uma camada intermediária para realizar a ponte de aderência entre substrato e argamassa de revestimento, esta camada é conhecida como chapisco.

A camada de preparo da base que receberá a camada de revestimento tem como finalidade promover a boa aderência desta com a base (MOURA, 2007). Isto porque, no caso do preparo com argamassa de chapisco, é criada uma camada com o objetivo de aumentar a rugosidade superficial e regularizar a absorção de água presente na argamassa de revestimento, uniformizando-a (SCARTEZINI *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2007).

No entanto, existe um desconhecimento generalizado acerca da influência do preparo da base na resistência de aderência, e muitas vezes é executado sem se ter um conhecimento técnico que permita aproveitar a contribuição dessa camada no desempenho dos revestimentos de argamassa (CANDIA; FRANCO, 1998).

Além deste desconhecimento técnico, o chapisco ainda é produzido e aplicado de forma rústica e, por isso, normalmente, as propriedades a ele conferidas não são aproveitadas de forma eficiente.

Neste contexto, entre tantas variáveis, por apresentar um caráter bastante rústico e com enorme variabilidade, a camada utilizada para preparo da base, chapisco, merece uma atenção especial. Como forma de garantir melhorias no desempenho da camada de chapisco, esta pesquisa pretende analisar, de forma combinada, a influência da forma de aplicação e composição do chapisco em substratos de concreto pouco porosos, frente à resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, buscando com isso a diminuição da ocorrência de manifestações patológicas como o descolamento.

1.1 OBJETIVOS

Com vistas a colaborar com a busca de soluções para um problema comum em revestimentos de argamassa, o descolamento ocasionado pela falta de aderência, o objetivo principal deste trabalho visa analisar, de forma combinada, a influência da forma de aplicação e da composição do chapisco na aderência dos revestimentos de argamassa aplicados sobre substrato de concreto.

Como objetivos específicos desta pesquisa encontram-se:

- a) analisar a influência gerada pela forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do revestimento;
- b) analisar a influência da granulometria do agregado do chapisco na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do revestimento;
- c) analisar a influência da adição de sílica ativa no chapisco na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do revestimento;
- d) analisar a influência da adição de aditivo retentor de água no chapisco na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do revestimento, além da influência gerada à exposição em diferentes temperaturas de cura;
- e) comparar os valores de resistência de aderência, encontrados para as diversas combinações ensaiadas, com a área de efetivo contato das camadas dos revestimentos avaliados através da lupa estereoscópica.

1.2 HIPÓTESES

Como hipóteses a serem testadas nesta pesquisa tem-se:

- a) com relação a aplicação do chapisco, a projeção mecanizada pode resultar em uma menor variabilidade para esta camada e, com isso, possibilitará melhora em seu desempenho mecânico;
- b) com relação à adição de sílica ativa, o acréscimo desta ao chapisco pode promover uma melhoria da camada de chapisco, resultando em um revestimento com resultados de resistência de aderência superiores;
- c) com relação à adição de aditivo retentor de água ao chapisco, este, através do aumento da retenção da água da camada, pode possibilitar uma diminuição da perda de água prematura da mistura, para a base e para o meio ambiente, melhorando com isso o processo de conformação dos produtos da hidratação do cimento, aumentando a resistência de aderência do revestimento. Além disso, espera-se que ao se adicionar aditivo retentor de água a camada de chapisco, esta diminua a sensibilidade à temperatura de cura elevada, impedindo com isso a queda nos valores de resistência de aderência do sistema.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em sete capítulos. O primeiro capítulo inclui a introdução e justificativa para a escolha do tema desenvolvido, contextualizando as motivações para os parâmetros de análise.

O segundo e o terceiro capítulos caracterizam os elementos presentes nesta pesquisa que, através da revisão bibliográfica, fornecem o embasamento necessário para realização do estudo. O segundo capítulo apresenta as características e funções dos elementos que compõem os sistemas de revestimentos de argamassa, que são: as argamassas de revestimentos, a camada de preparo da base (chapisco) e o substrato, que no caso da presente pesquisa é o concreto estrutural. O terceiro capítulo trata da aderência dos revestimentos de argamassa, onde são mostrados os mecanismos que caracterizam a aderência, além de discutir os possíveis fatores influentes de seu resultado.

O quarto capítulo detalha o programa experimental, com as variáveis escolhidas bem como os elementos constantes deste estudo. Discute os ensaios que foram realizados, os procedimentos envolvidos para execução e a base teórica para realização dos mesmos.

O quinto capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados, o sexto capítulo apresenta as conclusões obtidas, através das análises realizadas no capítulo anterior e, por fim, o capítulo sete apresenta sugestões para trabalhos futuros.

2 SISTEMA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Os revestimentos em argamassa, para alguns autores como Candia e Franco (1998), Cortez (1999) e Araújo Jr. (2004), é considerado como sendo um elemento que compõe o sistema de vedações verticais. Para estes autores, as vedações verticais são consideradas sistemas complexos formados por vários elementos, entre eles: o revestimento externo, o substrato e o revestimento interno. No entanto, outros autores como Alves (2002), Leal (2003), Moura (2007) e Ruduit (2009) consideram os revestimentos de argamassa como sendo um sistema próprio. Segundo Leal (2003), sistemas de revestimento são tipicamente compostos por um substrato (blocos de alvenaria, blocos de concreto ou estruturas de concreto armado), uma ponte de aderência (em geral, chapisco) e uma camada de argamassa.

Reforçando este conceito, a NBR 13529 (ABNT, 1995) define sistema de revestimento de argamassa como sendo o “Conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto”. Ainda, segundo a mesma norma, os revestimentos de argamassa são definidos como sendo o “cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo, ou constituir-se em acabamento final”.

O revestimento tem como funções principais regularizar e proteger a superfície na qual foi aplicado além de proporcionar acabamento estético. Segundo Alves (2002) o sistema de revestimento desempenha um importante papel como parte integrante do edifício, ajudando a satisfazer as exigências dos usuários. Isto, segundo o mesmo autor, é conseguido porque os revestimentos contribuem na alteração das condições ambientais, pelo efeito barreira à entrada dos agentes externos, como a água e a poluição, pelo controle da entrada de luz e ar, e pela melhoria na estética da fachada, cobrindo as irregularidades da parede.

Recena (2008) cita como principais funções do revestimento: proteger as edificações das tensões climáticas e mecânicas, proporcionar uma aparência estética agradável, reduzir a permeabilidade do substrato, garantir bom acabamento à superfície revestida, absorver as deformações naturais a que uma estrutura está sujeita e auxiliar no isolamento termo-acústico.

Segundo Moura (2007), por exercer estas funções, “a qualidade do sistema de revestimento tem influência direta na habitabilidade das edificações, no que se refere à salubridade, conforto e durabilidade”.

Com relação à durabilidade, o sistema de revestimento deve garantir a manutenção das características e propriedades a ele conferidas compatíveis com a vida útil prevista para a edificação. Quanto ao conforto, o sistema deve proporcionar o isolamento termo-acústico necessário, bem como uma função estética compatível com as expectativas dos usuários. E no que diz respeito à salubridade, o sistema de revestimento deve assegurar bom desempenho proporcionando, entre outras, proteção e estanqueidade à edificação.

Com relação ao desempenho de um sistema de argamassa, de acordo com Leal (2003), este está relacionado com fatores associados às condições de produção, de exposição e a ação dos usuários. Cincotto, Silva e Carasek (1995)² apud Leal (2003), fazem uma distinção entre estes fatores, dividindo-os em duas categorias: fatores extrínsecos, associados à solicitação sobre o sistema de revestimento, e fatores intrínsecos, que dizem respeito às propriedades e às características dos materiais componentes dos sistemas de revestimento. A figura 1 exemplifica o exposto acima.



Figura 1: Solicitações impostas ao sistema de revestimento (Fonte: Leal, 2003)

Sendo assim, com relação aos fatores intrínsecos, o desempenho dos sistemas de revestimento em argamassa é influenciado pelo tipo de substrato que receberá argamassa, pela camada de preparo, que fará a ponte entre base e revestimento e pelo tipo e características reológicas das argamassas que servirão de revestimento.

² CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: propriedades, características e métodos de ensaios**, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1995, 118p.

Pereira, Carasek e Francinete Jr. (2005) afirmam que para produzir revestimentos eficientes e duráveis são preceitos básicos: conhecer os materiais empregados; saber avaliar as propriedades dos substratos, argamassas e revestimentos; e, principalmente, ter a capacidade de bem avaliar a interação da argamassa com o substrato.

Os itens a seguir apresentam uma melhor explicação dos componentes de um sistema de revestimento, que estão intimamente ligados aos fatores intrínsecos.

2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Os revestimentos argamassados são tecnologias construtivas que, na sua essência, remontam seu uso desde a idade média (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005) e continuam, até os dias de hoje, com uso corrente.

No Brasil, os revestimentos de argamassa são amplamente utilizados. Isso se deve, provavelmente, pela sua facilidade de execução, não necessitando de mão-de-obra especializada, seu baixo custo, grande disponibilidade dos materiais para a produção e também pela flexibilidade de soluções que este tipo de revestimento permite.

Segundo Alves (2002) denomina-se argamassa de revestimento, o material ainda no estado fresco. Após a sua aplicação ao substrato e realização dos processos executivos (sarrafeamento, desempenho e acabamento final) o material será conceituado de revestimento de argamassa.

As propriedades das argamassas dependem das características dos materiais utilizados em sua composição e também de fatores ligados às aplicações em campo como, por exemplo, o material sobre o qual a argamassa é aplicada, o método de mistura e as condições de umidade e temperatura. Para obter as propriedades desejadas é necessário considerar, na fase de preparação do produto, a formulação e os fatores relacionados com as condições de uso final (BREA, 1999). Reforçando este entendimento, Scartezini (2002) afirma que as características da argamassa estão intimamente ligadas ao seu conteúdo inicial de água, ao tipo, natureza e finura do aglomerante, utilização ou não de aditivos e à distribuição granulométrica da areia. Estas características afetam a trabalhabilidade, plasticidade, consistência inicial, adesão inicial e retenção de água, sendo estas propriedades de extrema importância para o resultado final do revestimento de argamassa.

Recena (2008) corrobora as afirmações acima, afirmando que para a argamassa cumprir as funções a ela impostas, esta precisa apresentar algumas propriedades fundamentais, entre elas: trabalhabilidade adequada, capacidade de retenção de água compatível com a base que a receberá, durabilidade compatível a vida útil estimada para a edificação,

estabilidade química e física frente a agentes agressivos e solicitações mecânicas a ela impostas e resistência de aderência compatível com as solicitações impostas.

Estas propriedades estão melhor descritas nos itens que se seguem nesta pesquisa.

2.2 ARGAMASSA DE CHAPISCO (CAMADA DE PREPARO)

Os chapiscos são utilizados com o intuito de melhorar e adaptar o substrato para receber a argamassa de revestimento. Este, segundo Bauer *et al.* (2005), visa, em sua essência, fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade compatível com o desenvolvimento da aderência, e também regular a absorção da água pelo substrato.

O mesmo autor ainda menciona a existência de duas tipologias clássicas quanto a aplicação do chapisco sobre o substrato, são elas: chapisco aberto e chapisco fechado.

O chapisco do tipo aberto consiste, ao ser aplicado, em obter-se uma camada bastante fina, onde aleatoriamente tem-se regiões da base cobertas pelo chapisco e regiões com ausência de chapisco, sendo que este tipo de aplicação visa prioritariamente fornecer maior rugosidade ao substrato. Já na aplicação do chapisco do tipo fechado, tem-se uma situação em que toda a superfície do substrato é coberta pelo chapisco, não apresentando nenhuma região da base descoberta. Este tipo de aplicação fornece uma maior rugosidade ao substrato, mas, além disso, proporciona uma regularização na absorção de água do mesmo.

Sendo assim, pode-se dizer que a escolha da tipologia de aplicação do chapisco é particular e depende da característica resultante que se pretende com sua aplicação.

A necessidade de utilizar o chapisco fundamenta-se em diversos casos. Substratos com alta porosidade (alvenarias de blocos de concreto, concreto celular e blocos cerâmicos altamente porosos, etc.) prejudicam a aderência dos revestimentos devido à perda excessiva de água da argamassa aplicada para o substrato (RUDUIT, 2009). Em contrapartida, substratos como peças de concreto estrutural possuem superfícies lisas e baixa porosidade, o que prejudica 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 (MOURA, 2007). Nos dois casos a utilização de chapisco proporciona uma melhoria nas características originais do substrato e, por conseqüência, a melhoria do sistema de revestimento.

Além disso, muito comumente, é verificada a presença de diferentes tipos de substrato em um mesmo pano de aplicação, como por exemplo, blocos de alvenaria em encontro com elementos de concreto estrutural. Segundo Recena (2008), o comportamento da argamassa de revestimento pode ser em muito distinto de um substrato para outro, em função das diferenças de porosidade que determinam diferentes comportamentos na absorção de água presente na argamassa. Mais uma vez mostra-se interessante o uso do chapisco como forma de uniformizar a superfície que receberá a argamassa de revestimento.

Segundo Candia (1998)³ citado por Pretto (2007) o chapisco deve ser escolhido em função das características superficiais da base e executado usando materiais e técnicas apropriadas para efetivamente melhorar as condições de aderência do revestimento à base, principalmente criando uma superfície com rugosidade apropriada e regularizando a capacidade de absorção inicial da base.

Resumindo com a citação de Paes (2004), que em sua tese de doutorado estuda o fenômeno do transporte de água nos revestimentos de argamassa em seus momentos iniciais pós-aplicação, afirma que o chapisco:

“[...] visa fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade apropriada ao desenvolvimento da aderência. Além da textura, o chapisco tem função de regular a capacidade de sucção por parte do substrato. Assim, substratos de elevada sucção (alvenarias de concreto celular e de concreto) têm no chapisco um elemento que diminui a intensidade do transporte de água das argamassas para o substrato. Em contrapartida, substratos de baixa sucção (elementos estruturais em concreto, bloco cerâmico), necessitam do chapisco como elemento incrementador da sucção de água da argamassa, com o intuito do desenvolvimento adequado da aderência do revestimento.”

2.2.1 Tipos de Chapisco

Existem alguns tipos de chapisco que são diferenciados pela forma de produção e aplicação e que, por este motivo, proporcionam texturas superficiais diferenciadas. Entre eles pode-se citar: chapisco aplicado com colher ou convencional, chapisco desempenado e chapisco rolado.

³ CANDIA, M. C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. 1998. 198p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

2.2.1.1 Chapisco Convencional ou aplicado com colher de pedreiro

Os chapiscos chamados de convencionais (figura 2) são os mais conhecidos e comumente utilizados devido a sua simplicidade e tradição de uso. Este tipo de chapisco é, em geral, segundo Pretto (2007), feito com traços que variam entre 1:2 até 1:4 (cimento:areia úmida), em volume, com granulometria da areia de média à grossa. Além disso, este tipo de chapisco possui uma consistência fluida para que possibilite um bom espalhamento e molhagem da superfície na qual será lançado. A aplicação é feita através do lançamento enérgico pelo operário com auxílio da colher de pedreiro. Outra característica importante é que a argamassa de chapisco possui alta proporção de água, na ordem de 1 a 3kg/kg, devido à necessidade da fluidez acima descrita. Segundo Paes (2004) a consistência fluida e a granulometria grossa do agregado deste tipo de chapisco proporciona uma melhor capacidade de aderir-se à base na qual será aplicado. Além disso, proporciona uma melhora no transporte de pasta de cimento aos poros do substrato, uma formação mais rápida da resistência mecânica e proporciona uma textura bastante rugosa que aumenta a ancoragem da camada de argamassa de revestimento que será aplicada posteriormente, melhorando com isso o desempenho do sistema de revestimento.



Figura 2: Aspecto do chapisco convencional (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005)

Uma desvantagem deste tipo de chapisco é a grande variabilidade. Esta variabilidade está presente na composição e mistura dos materiais, na espessura da camada, na energia de lançamento, no espalhamento e principalmente na quantidade de água presente, isto porque o chapisco convencional é o que possui maior intervenção humana em sua utilização. Estas variações podem acarretar no não cumprimento de suas funções, resultando em prejuízos no desempenho do sistema de revestimento.

2.2.1.2 Chapisco Adesivo ou Desempenado

O chapisco desempenado (figura 3), também conhecido como chapisco colante ou adesivo, é normalmente comercializado pronto e ensacado, somente necessitando a adição de água, e é aplicado com o auxílio de desempenadeira denteada. Segundo Rudit (2009), o chapisco desempenado é, em especial, indicado para aplicação em substratos de baixa porosidade, como elementos estruturais de concreto, devido à sua alta adesão

(quando fresco) e resistência de aderência (quando endurecido) a estes substratos. Com relação à consistência e a viscosidade, o chapisco desempenado é muito parecido com as argamassas colantes, até mesmo no método de aplicação, onde se utiliza a desempenadeira metálica dentada (RUDUIT, 2009).

Embora, em sua essência, o chapisco desempenado e as argamassas colantes sejam bastante semelhantes, o objetivo esperado é distinto. De acordo com Oliveira, Carasek e Cascudo (2009):

“Pelo fato da argamassa industrializada de chapisco (chapisco colante) apresentar formulação e consistência semelhante à argamassa colante, estas argamassas são aplicadas em obra da mesma forma e com a mesma ferramenta, ou seja, houve uma transferência automática de tecnologia para materiais com funções diferentes. No entanto, é necessário se observar que no assentamento dos revestimentos cerâmicos os cordões de argamassa colante são desfeitos (amassados), enquanto que no chapisco industrializado os cordões são preservados e posteriormente preenchidos, após o endurecimento da argamassa de chapisco.”

Segundo Ruduit (2009), a adição de resinas poliméricas tende a melhorar características importantes. “No caso de argamassas de chapisco, aditivos polímeros têm especial efeito na resistência mecânica, consistência e, principalmente na aderência aos substratos” (RUDUIT, 2009).

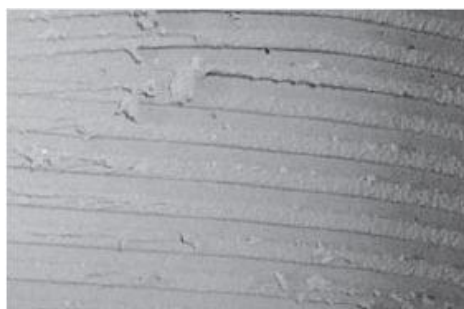


Figura 3: Aspecto do chapisco desempenado (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005)

Uma vantagem deste tipo de chapisco está na diminuição de perdas. Em contrapartida, segundo Pretto (2007), uma desvantagem deste chapisco está no elevado consumo do produto que acaba por elevar o custo.

2.2.1.3 Chapisco Rolado

Este tipo de chapisco é aplicado com auxílio de rolos de espuma que apresentam discontinuidades para proporcionar uma camada com textura rugosa necessária para que este cumpra sua função (figura 4). Antigamente, de acordo com Ruduit (2009), os rolos utilizados para a aplicação deste chapisco eram adaptados de rolos de pintura, onde as

cavidades eram produzidas manualmente, no entanto, hoje em dia, já é possível encontrar no mercado rolos com texturas apropriadas para a aplicação de chapisco rolado, produzidos especialmente para este fim. Ainda, segundo o mesmo autor, este pode ser empregado tanto em alvenarias como em elementos de concreto estrutural.

Uma das grandes vantagens deste tipo de chapisco é a alta produtividade que ele proporciona, além de garantir uma maior ergonomia ao aplicador, isto porque, de acordo com Ruduit (2009) para substratos em locais mais distantes do operário, como vigas e fundo de lajes, é possível acoplar o rolo a um cabo, como o de vassoura, por exemplo.



Figura 4: Aspecto do chapisco rolado (Fonte: Ceotto; Banduk; Nakakura, 2005)

Uma desvantagem deste tipo de chapisco, apontada por Ruduit (2009), é a espessura da camada preparada, que, muitas vezes, se apresenta muito fina, não contribuindo então para a regularização da absorção dos substratos. O autor ainda ressalta que para se conseguir maiores espessuras de chapisco rolado, são necessárias mais demãos de aplicação, o que, geralmente, não ocorre, pois tal medida diminuiria a produtividade, justamente uma das principais vantagens deste tipo de chapisco, além de poder prejudicar a aderência e o desempenho pela possível remoção da areia devido a esta segunda passagem do rolo.

Sendo assim, Moura (2007) lembra que a escolha do tipo de chapisco, da mesma forma que a escolha da argamassa de revestimento, deve levar em consideração as especificações do projetista, a conformidade entre os elementos que compõem o sistema revestimento, o tipo de substrato e de argamassa de revestimento, o acabamento e o processo executivo.

2.3 SUBSTRATO DE CONCRETO

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), base ou substrato é toda parede ou teto, constituídos por material inorgânico, não-metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

Da mesma forma, Cortez (1999) afirma que o termo substrato ou base está associado a toda superfície na qual se empregará o revestimento, podendo ser classificada levando-se em consideração: sua função dentro da estrutura (estrutural ou vedação), seus materiais constituintes (concreto, cerâmica, etc.) e por suas propriedades físicas (capacidade de absorção ou sucção de água, pela sua porosidade e textura superficial, seja ela lisa ou rugosa).

Segundo Alves (2002) como as características superficiais dos substratos variam devido aos materiais utilizados, processo de fabricação e condições de exposição, é necessário realizar sua caracterização para se escolher, adequadamente, o preparo da base, a técnica de aplicação e a argamassa que constituirá a camada de revestimento.

De acordo com Nascimento *et al.* (2005) revestimentos de argamassa, embora sejam comumente aplicados sobre substratos de concreto, em função das altas resistências do concreto atual (resultando em um concreto de baixa porosidade), têm apresentado inúmeros problemas de aderência. Por esse motivo é fundamental o entendimento tanto dos mecanismos de aderência como também a influência que o substrato exerce sobre o fenômeno.

Ainda, reforçando a preocupação com o aparecimento de manifestações patológicas de descolamento, um estudo realizado por Rudit (2009) aponta para o substrato de concreto como sendo o que apresenta o maior número de ocorrências. Este autor realizou uma pesquisa em cima de dados de ensaios de resistência de aderência à tração, realizados nos últimos dez anos, em edificações e obras no estado do Rio Grande do Sul, por laboratório especializado em materiais de construção, sendo entre estes: 1158 valores de aderência de revestimentos externos, 1097 de revestimentos internos, e 361 resultados sem registro da localização do revestimento aplicado, e concluiu que os substratos de concreto estrutural apresentam significativamente menores valores de aderência em revestimentos de argamassa, em torno de 37,5% menor, em comparação aos substratos de alvenaria. O substrato de concreto também foi responsável por um valor médio de resistência de aderência inferior ao mínimo estipulado em norma, que é de 0,30 MPa.

Este fenômeno pode ser explicado pela mudança a que o substrato de concreto foi submetido ao longo dos anos. Gerado pela grande competitividade entre as empresas do ramo da construção civil, as estruturas de concreto sofreram mudanças significativas com o passar das últimas décadas. De acordo com Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), no Brasil a menos de 20 anos atrás, havia uma predominância de casas térreas ou edifícios com poucos pavimentos, e, ainda, com vãos relativamente pequenos. Além disso, as obras possuíam maiores prazos para sua execução, e essas características propiciavam a

capacidade destas edificações de absorver as tensões de tração e cisalhamento a que eram submetidas, o que impedia o aparecimento de manifestações patológicas.

Porém, o contexto atual é bastante diferente. Hoje, os edifícios possuem vários pavimentos, vãos cada vez mais longos e prazos de execução cada vez mais enxutos. Logo, para possibilitar esse aumento de altura e a majoração dos vãos, foi necessária uma evolução nas estruturas de concreto, e estas mudanças provocaram o aumento da resistência à compressão do concreto e conseqüente diminuição da porosidade do mesmo. Além disso, Pretto (2007) acrescenta que, atualmente, o uso de desmoldante e/ou o emprego de fôrmas plastificadas são fatores que também contribuem para a superfície do concreto tornar-se lisa e de baixa porosidade superficial. Ainda, segundo a mesma autora, dentre as propriedades do substrato, as que exercem maior influência na aderência são a capacidade de sucção de água e a porosidade, logo, como a aderência se dá pela penetração da pasta do aglomerante nos poros do substrato e pelo seu endurecimento subseqüente, ao diminuir a porosidade do concreto, diminui-se também a aderência das argamassas de revestimento a esta nova formulação de substrato, ocasionando a perda de aderência entre estes e aumentando o aparecimento de manifestações patológicas.

3 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

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, estas podem ser visualizadas na figura 5, (SCARTEZINI, 2002; LEAL, 2003; SELMO, 1989 apud SILVA, 2004; GONÇALVEZ, 2004; ANTUNES, 2005 e MOURA, 2007).

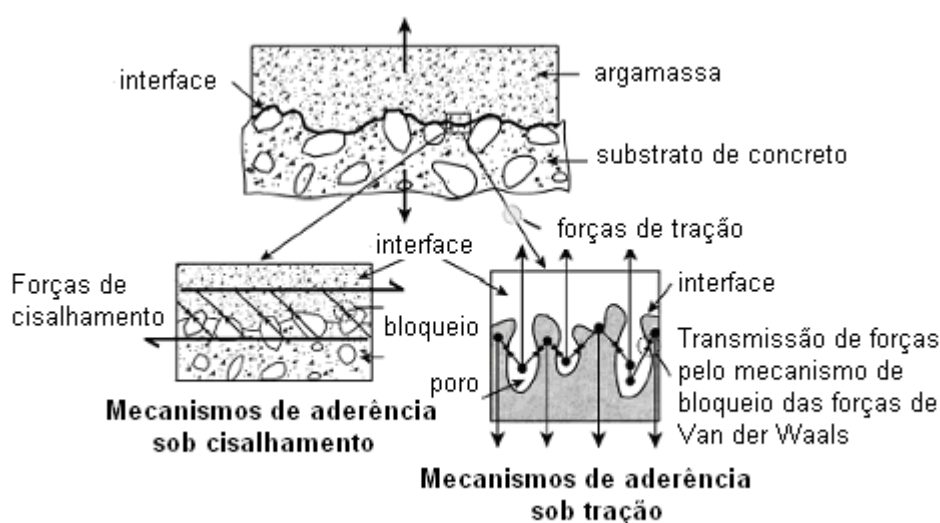


Figura 5: Mecanismo de adesão mecânica (Fonte: Pretto (2007))

Segundo Antunes (2005), as resistências mecânicas resultam de efeitos combinados entre a penetração da argamassa nos poros do substrato, da própria resistência mecânica da argamassa e a interação entre argamassa e substrato através de ligações superficiais dos mesmos. Ainda, conforme a mesma autora, a extensão de aderência corresponde à razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida, ou seja, é o grau de contato entre argamassa e substrato.

“A formação da aderência é um mecanismo complexo que envolve o transporte de massa (sólidos e líquidos) na argamassa e na interface com a base que, juntamente com a hidratação do cimento, influenciam a cinética do endurecimento” (ANTUNES, 2005).

Assim, pelo disposto acima, é possível perceber a complexidade de influenciadores na dinâmica da formação da aderência, sendo que para que esta ocorra vários fatores podem influenciar como: o tipo de substrato, o tratamento superficial dado a este, o tipo de argamassa de revestimento, as condições de exposição (como por exemplo a temperatura

e umidade quando da aplicação da solução), forma e energia de aplicação da argamassa, entre outras.

3.1 MECANISMOS DE ADERÊNCIA

Segundo Carasek (1996), 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 de adesão inicial, quanto na argamassa endurecida, o que é considerado a aderência propriamente dita.

Segundo Taha e Shrive (2001) citado por Moura (2007), os mecanismos de aderência podem ser afetados de forma direta e indireta. De forma direta (considerados os que afetam a microancoragem da argamassa e substrato) pode-se citar 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. Como fator indireto (considerados os que influenciam a macroancoragem da argamassa ao substrato) pode-se citar a rugosidade do substrato e a mão-de-obra na execução do revestimento.

O completo entendimento do mecanismo de aderência da argamassa sobre o substrato é de extrema importância visto que, a maior parte das manifestações patológicas registradas neste tipo de revestimento advém de falhas nesta aderência.

3.1.1 Adesão Inicial

Segundo Carasek (1996), a adesão inicial das argamassas de revestimento é concebida como sendo uma propriedade da argamassa em estado fresco e esta é diretamente influenciada pelas características reológicas da argamassa a ser aplicada. De acordo com Do Ó (2004), ela pode ser também entendida como a propriedade responsável pela fixação inicial (imediatamente após o lançamento) da argamassa ao substrato.

Além das características reológicas da argamassa, segundo Do Ó (2004) citando Cincotto *et al.* (1995), a ocorrência da adesão inicial dependerá também das características do substrato, tanto de características como porosidade ou rugosidade (velocidade de absorção de água), como do tipo de tratamento prévio (preparação de base) que aumente a área de contato entre os materiais, ou seja, que reduza a tensão superficial e o ângulo de contato.

Moura (2007) sugere que para entender melhor as características reológicas da argamassa na tensão superficial e a influência desta na adesão inicial, é importante conhecer parte das teorias das ligações interfaciais entre um fluido (pasta da argamassa) e um sólido (substrato de concreto).

De acordo com Paes (2004), para uma adesão adequada é indispensável o completo cobrimento da superfície do sólido pelo fluido. Para um contato íntimo adequado é necessário um bom espalhamento do fluido sobre o sólido, uma capacidade chamada de “molhabilidade”. A “molhabilidade”, segundo Paes (2004), é “a extensão na qual um líquido se espalhará sobre uma superfície sólida”, ou seja, para uma adequada molhabilidade o líquido deve fluir sobre o sólido cobrindo cada reentrância do mesmo e retirando todo o ar entre eles. Esta capacidade é favorecida, segundo Moura (2007), quando há uma redução da tensão superficial que por sua vez é conseguida através da redução do ângulo de contato.

“Diante disso, pode-se concluir que quanto menor for o ângulo de contato entre a superfície do material sólido (substrato, por exemplo) e a superfície do líquido (pasta de aglomerante, por exemplo), maior será a adesão entre eles” (Do Ó, 2004).

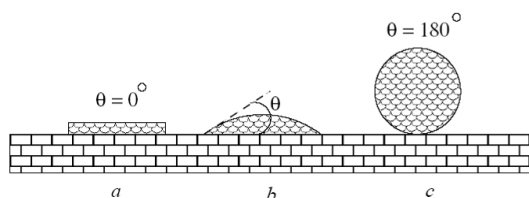


Figura 6: Condições de “molhabilidade” de uma superfície, para diferentes ângulos de contato θ . (a) superfície superhidrófila, $\theta = 0^\circ$; (b) superfície com “molhabilidade” parcial, $180^\circ > \theta > 0^\circ$; (c) superfície superhidrofuga, $\theta = 180^\circ$ (Fonte: Pretto, 2007)

A diminuição do ângulo de contato (figura 6) é conseguida através da diminuição da tensão superficial da argamassa, que pode ser conseguida através da modificação da reologia da argamassa, como por exemplo, aumentando a plasticidade da argamassa com a introdução de cal em sua composição (GONÇALVES, 2004), ou através da introdução de aditivos retentores de água (PÓVOAS, 2005), ou, ainda, segundo Carasek (1996), pelo aumento do teor de cimento. A diminuição do ângulo de contato pode ser conseguida também, segundo Cincotto *et al.* (1995) apud Do Ó (2004), pelo incremento da energia superficial do material sólido (substrato), resultante do aumento da rugosidade superficial desse (uso de chapisco, por exemplo).

3.1.2 Aderência

De acordo com Carasek (1996), a aderência entre a argamassa e o substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação. Quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a base absorvente, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou em estado coloidal componentes do aglomerante, penetra pelos poros e cavidades do substrato de modo que ocorre a

precipitação de produtos de hidratação do cimento no seu interior, exercendo ação de ancoragem da argamassa à base (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

Para entender melhor muitos autores citam a teoria dos poros ativos. Segundo Scartezini (2002) esta teoria é um modelo, inicialmente proposto pelos pesquisadores do INSA (Institut National de Sciences Appliquées, na França), que sugere a distinção dos poros no sistema argamassa/substrato, de acordo com a sua capacidade de absorção e retenção de água. Nesta teoria tanto o substrato quanto a argamassa de revestimentos são concebidos como sistemas de poros e ainda, segundo Scartezini (2002), são considerados poros ativos aqueles que “possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção de água.”

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”. Ainda segundo Moura (2007) “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.”

Gallegos (1995)⁴ apud Scartezini (2002) sugere que a faixa de poros ditos ativos encontra-se entre 0,1 μm e 5 μm pois, segundo o autor, poros com diâmetros inferiores a 0,1 μm não são considerados poros ativos porque, embora possuam força capilar elevada, não são capazes de absorver quantidades significantes de água; e, poros com diâmetros maiores que 5 μm são também inoperantes, pois não possuem força capilar suficiente para vencer os poros existentes na argamassa.

A figura 7 apresenta esquematicamente a teoria dos poros ativos. No primeiro quadro, no momento em que a argamassa fresca é aplicada, e imediatamente após o contato argamassa/base absorvente, a água começa a fluir da argamassa em direção à base. No segundo quadro, que mostra o momento em que o equilíbrio entre sucção capilar e as forças físico-químicas de retenção de água é alcançado, o aperto mecânico das partículas no interior da argamassa é tal que o raio médio dos seus capilares se torna igual aos capilares da base, interrompendo-se com isto o fluxo de água por sucção (DETRICHÉ e

⁴ GALLEGOS, H. Adhesión entre mortero y las unidades de albañilería. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10, Goiânia, 16 a 18 de agosto de 1995. **Anais**. Goiânia, UFG/ANTAC, 1995. p.117-133.

MASO, 1986⁵ apud PAES, 2004). E, finalmente, o terceiro quadro representa a precipitação dos elementos no interior do substrato com conseqüente endurecimento da argamassa e formação da aderência.

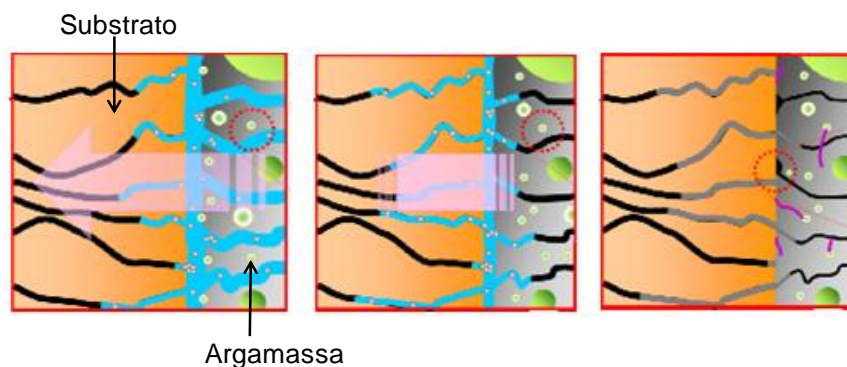


Figura 7: Evolução da aderência segundo a teoria dos poros ativos (Fonte: Adaptado de Antunes, 2005)

Como visto, com o decorrer do tempo, os diâmetros dos poros do substrato e da argamassa se igualam, e isto promove o equilíbrio entre as forças de sucção capilar da base e as forças físico-químicas de retenção da argamassa. Segundo Paes (2004) neste momento em que cessa a penetração de água por capilaridade inicia-se então a penetração por difusão. De acordo com a referida autora, a continuidade do transporte de água, para o interior do substrato, só ocorrerá caso as forças de sucção do substrato sejam suficientes para implementar um mecanismo de difusão de água na região já saturada. Sendo assim, o coeficiente de difusão dependerá da natureza do material por meio do qual ocorre a difusão e do líquido que difunde (tamanho dos poros e tamanho das moléculas, respectivamente); ou melhor, depende da interação entre eles, sendo que o coeficiente de difusão será maior quanto menor a molécula for com relação ao diâmetro dos poros capilares (PAES, 2004).

Além da aderência pelo fenômeno mecânico, Paes (2004) cita a influência dos fenômenos físicos, embora estes ocorram de forma menos expressiva. De acordo com Paes (2004) a fixação da água da argamassa fresca ao substrato poroso, é também influenciada pela adsorção física, a qual faz com que moléculas de água mantenham-se fixas à superfície do substrato (adsorvente) por intermédio, principalmente, das forças de Van der Waals. A força de Van der Waals é uma atração física entre partes sólidas muito próximas, ou seja, com a secagem da argamassa, após aplicação no substrato, esta força torna-se cada vez mais forte (BASTOS, 2001).

⁵ DÉTRICHÉ, C.H.; MASO, J.C. Differential hydration in rendering mortars. **Cement and Concrete Research**, v.16, p.429-439, 1986.

Ainda que não tenha influência direta nos mecanismos de aderência, vale salientar a existência de um transporte de água que ocorre no sentido contrário ao substrato, regido pela evaporação. A evaporação, segundo Bastos (2001), ocorre devido a um desequilíbrio de umidade entre a argamassa em estado fresco e o meio ambiente, sendo que a água migra no sentido do meio mais saturado para o menos saturado. Segundo Moura (2007) considerando que a argamassa em estado fresco está saturada, ou seja, 100% úmida e que a umidade relativa do ar é sempre inferior a 100%, sempre ocorrerá a evaporação. Ainda de acordo com Moura (2007) “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 dos mecanismos de microancoragem, existe também a influência dos mecanismos macroestruturais na formação da aderência, basicamente promovidos pela rugosidade superficial do substrato.

Com relação ao substrato, além de suas propriedades microestruturais como porosidade (diâmetro, estrutura, volume, distribuição e interconectividade de poros) e capacidade de absorção de água que, segundo Paes, Bauer e Carasek (2005) influem diretamente no mecanismo de formação da aderência através da microncoragem, outras características como a rugosidade superficial do mesmo são fundamentais para a macroancoragem.

De acordo com Pretto (2007), em nível macroscópico, as irregularidades presentes na superfície do substrato, naturais ou criadas por preparação prévia da mesma, melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento, proporcionando, com isso, um aumento na resistência de aderência do sistema de revestimento.

Sendo assim, uma alternativa para minimizar o efeito desfavorável à aderência causado por substratos com pouca porosidade (prejuízo à microancoragem), como é o caso das estruturas de concreto, segundo Veiga (2003) apud Moura (2007), é modificar a superfície do substrato favorecendo o mecanismo de ancoragem através da rugosidade, ou seja, promover um travamento mecânico pela penetração da argamassa nas irregularidades do substrato. No entanto, segundo Candia (1998) apud Moura (2007), “[...] à medida em que se aumenta a rugosidade da superfície dos substratos, é mais difícil se obter uma boa extensão de aderência, ou seja, que argamassa entre em contato por completo com os mesmos” (figura 8).



Figura 8: (a) Líquido em contato total com a superfície; (b) Líquido com falhas no contato com a superfície (Fonte: Pretto, 2007)

Portanto, não necessariamente quanto maior a rugosidade superficial do substrato, melhor a aderência, pois ao provocar falhas na extensão de aderência esta acaba por prejudicar a resistência de aderência do sistema de revestimento. Com isso, como salientado por Moura (2007) é necessário analisar cada situação em particular e chegar a alteração da superfície ideal para cada sistema de revestimento, sendo que este pode ser obtido tanto pelo tratamento mecânico diretamente na superfície quanto através da aplicação de uma camada de preparo, como é o caso da argamassa de chapisco.

3.1.3 Interface entre Camadas do Sistema de Revestimento

Além da intensidade e profundidade da ancoragem da argamassa ao substrato, outro fator determinante na resistência de aderência é a conformação da microestrutura na interface substrato/revestimento, seja esta resultante do transporte de água ou em função da aderência (MOURA, 2007).

Ainda segundo Moura (2007), esta interface do sistema de revestimento pode ser caracterizada em função dos compostos presentes. De acordo com Silva (2004) os primeiros estudos sobre a morfologia dos produtos hidratados na interface dos componentes do sistema de revestimento foram realizados na década de 30. Silva (2004) cita ainda, como referência, os estudo de Voss (1933)⁶ e Staley (1940)⁷ que estudaram, através da análise petrográfica, a interface de substrato cerâmico e argamassas mistas de cal, cimento e areia. Estes autores constataram nesta interface a presença de cálcio (hidróxidos ou carbonatos de cálcio) proveniente da cal e, ainda, que a espessura dessa camada varia com a quantidade de cal presente, quanto maior o teor de cal, mais espessa a camada.

Silva (2004) cita também o trabalho de Grandet (1973)⁸ que, através da difração de raios-x e microscopia eletrônica de varredura, investigou a interface do substrato cerâmico e argamassa de cimento. Este estudo descreve a formação, na interface, de uma camada de etringita, sendo que, devido as forças de sucção do substrato, a maior concentração deste produto encontra-se próximo a superfície do substrato e diminui a medida que se afasta do mesmo.

⁶ Voss, W. C. 1933. Permeability of brick masonry walls: a hypothesis. In: American Society for Testing Materials, 1933. Proceedings... Philadelphia: ASTM. v.33, pt.2, p.670-691.

⁷ Staley, H. R. 1940. A petrography study of the bond between bricks and mortar. Transactions of the British Ceramic Society. v. 39, p. 85-100.

⁸ Grandet, J. 1973. Physico-chemical mechanisms of the bond between baked clay and cement. In: INTERNATIONAL BRICK MASONRY CONFERENCE, 3., 1973. Proceedings... Germany: Essen. p. 217-221.

Carasek (1996), ao estudar a interface bloco cerâmico/argamassa mista de cal, cimento e areia, através da microscopia eletrônica de varredura, pôde visualizar a formação dos cristais de etringita entre substrato/argamassa de revestimento (figura 9). Segundo a autora, a aderência decorre, principalmente, pelo intertravamento proporcionado pela penetração destes cristais de etringita nos poros do substrato.

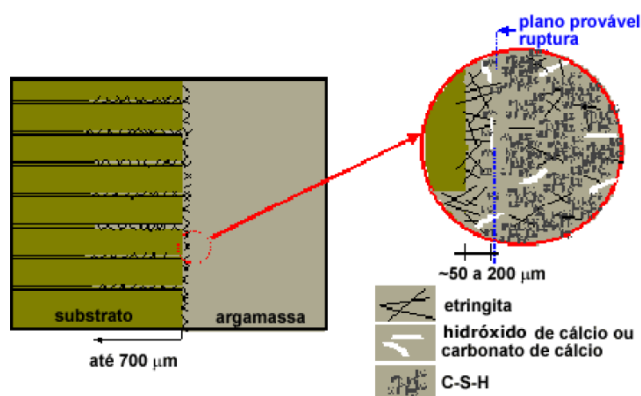


Figura 9: Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassa mista de cimento, cal e areia e blocos cerâmicos (Fonte: Scartezini, 2002)

A conformação dos produtos na interface substrato/argamassa se explica, de acordo com Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), por uma sucessão de acontecimentos que começam com a mistura do cimento Portland com a água. Neste momento, a gipsita, empregada para regular a pega do cimento, se dissolve e promove a liberação dos íons sulfato (SO_4^{2-}) e cálcio (Ca^{2+}). Os íons de sulfato e cálcio são os primeiros a entrar em solução, e são imediatamente seguidos pela dissolução dos íons de aluminato (AlO^4) e cálcio provenientes da dissolução do aluminato tricálcico (C_3A) do cimento. Segundo os autores, através do efeito de sucção ou absorção capilar do substrato poroso, estes íons em solução são conduzidos até as regiões mais profundas dos capilares do substrato formando no interior dos poros a etringita (trissulfoaluminato de cálcio hidratado). Pelo rápido processo de dissolução dos íons de sulfato, cálcio e aluminato, seguido da precipitação da etringita, este, acaba sendo o produto principal que preenche os poros capilares, bem como, é o produto em maior abundância na zona de contato substrato/argamassa. Sendo assim, com menos espaço para a precipitação, outros produtos da hidratação do cimento, como, por exemplo, o C-S-H e mesmo produtos posteriores da carbonatação da cal como a calcita, aparecem em menor quantidade (Carasek, Cascudo e Scartezini, 2001).

Silva e Libório (2003) com o intuito de melhorar a zona de interface, e por conseqüência melhorar a resistência de aderência de substrato de concreto/argamassa mista de cimento, cal e areia, estudaram a influência da introdução de sílica extraída da cinza de casca de arroz (SCA) na composição do chapisco. Estes autores verificaram que a introdução da

SCA aumenta a resistência de aderência, sendo que, ao visualizar as amostras, por microscopia eletrônica de varredura, ambas as amostras, com e sem SCA (figura 10 a e b, respectivamente), foi verificada a formação, na interface, de etringita e C-S-H, porém, nas amostras com introdução de SCA, ocorreu uma maior compactação dos cristais de etringita o que pode identificar sua influência na formação da aderência.

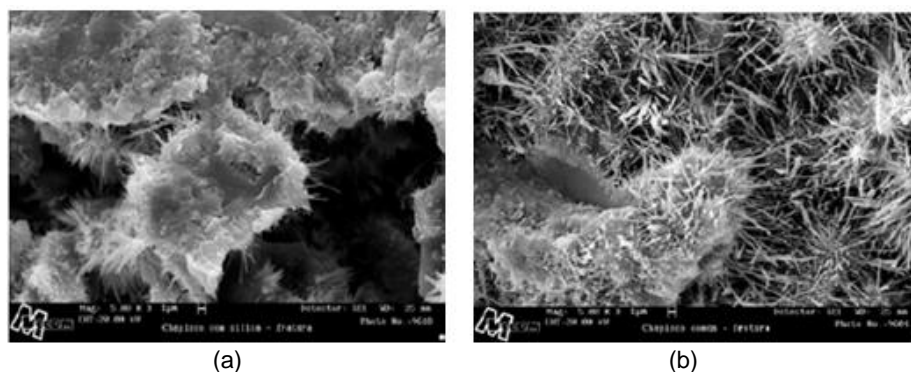


Figura 10: (a) Cristais de etringita dentro de um poro na interface chapisco com SCA/concreto (Mag=5.000 X) e (b) Cristais de etringita na interface chapisco comum/concreto (Mag=5.000X) (Fonte: Silva e Libório, 2003)

Em outro estudo, realizado por Polito, Carvalho e Brandão (2009), sobre a microestrutura da interface bloco cerâmico/argamassa mista, corroborando com o dito anteriormente, também verificou-se, através da análise microestrutural, que a etringita é a responsável efetiva pela promoção da aderência à substratos porosos. Assim, os autores confirmam que a aderência é resultado do intertravamento dos cristais de etringita que precipitaram no interior dos poros do substrato, tendo sido possível a visualização de cristais de etringita até uma profundidade 500 μ m no interior dos poros.

Além da conformação dos produtos das reações quando da mistura e aplicação da argamassa sobre o substrato, outra importante característica é a extensão de aderência que esta argamassa proporciona. Paes (2004) afirma que essa característica da interface entre os materiais aderidos mostra-se importante no efetivo desenvolvimento de uma aderência mais resistente e duradoura, e que esta relaciona-se diretamente, entre outras, a trabalhabilidade da argamassa fresca, a porosidade e/ou rugosidade do substrato e ao preparo de base.

Um bom exemplo da relação estabelecida entre extensão de aderência e seus materiais constituintes, segundo Moura (2007), é o uso de cal nas argamassas. A argamassa mista de cal é responsável pela conformação de uma interface mais densa e contínua, apresentando uma maior extensão de aderência em relação a uma argamassa somente de cimento. Neste caso, Moura (2007) enfatiza a dualidade entre argamassas mistas, de cal e cimento e argamassas somente de cimento. Argamassas mistas proporcionam uma maior

extensão de aderência, porém apresentam uma resistência de aderência menor devido as propriedades mecânicas da cal e a maior demanda de água que a mesma requer para a mistura, enquanto, por outro lado, argamassas de cimento tem maior resistência mecânica, porém resultam em uma extensão de aderência menor, além de terem uma maior suscetibilidade à fissuração devido à retração, o que pode desencadear a falta de aderência. Sendo assim, uma boa escolha dos materiais e bom proporcionamento entre os mesmos pode definir o sucesso ou fracasso no desempenho de revestimentos de argamassa.

Ainda, com relação a extensão de aderência, Ruduit (2009) e Costa *et al.* (2010) citam a influência exercida pela mão-de-obra no momento de aplicação da argamassa, pois, segundo o Ruduit (2009) se a energia de aplicação na hora do lançamento da argamassa sobre o substrato não for suficiente, podem ocorrer falhas de contato na interface dos dois materiais.

Sendo assim, a aderência é um mecanismo complexo, dependente dos produtos de conformação da interface, das propriedades, proporcionamento e forma de aplicação dos materiais constituintes, bem como das propriedades e características da camada de preparo e dos substratos, além da interação entre estes componentes do sistema de revestimento.

3.2 EFEITO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Os sistemas de revestimentos são formados basicamente pelo substrato, a camada de preparo e a camada de argamassa de revestimento. E seu desempenho é, sabidamente, influenciado pelos materiais que os compõe.

Como mencionado anteriormente, por substrato entende-se, de acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), como as paredes ou tetos constituídos por material inorgânico, não-metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

Com relação às argamassas de revestimentos, estas são compostas segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995) por 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.” Corroborando isso, Carneiro (1999) descreve a argamassa como sendo um material composto por duas frações: uma ativa (aglomerante) e outra inerte (agregado), que compõem uma curva de distribuição granulométrica.

A argamassa de chapisco é utilizada para preparo da base e, embora sua formulação material seja semelhante às argamassas utilizadas para revestimento, por desempenhar

uma função diferente, esta possui características e propriedades diferenciadas das argamassas de revestimento.

De acordo com Scartezini (2002) o conteúdo inicial de água, o tipo, natureza e finura do aglomerante, a utilização ou não de aditivos e adições e a distribuição granulométrica da areia, além do proporcionamento dos materiais, são características intimamente ligadas às propriedades resultantes da argamassa. Antunes (2005), afirma que variáveis como a textura e forma dos agregados, tipo e teor de aglomerantes, além da inserção de aditivos ou adições possuem grande influência na reologia das argamassas bem como na resistência de aderência obtida para o sistema de revestimento.

3.2.1 Aglomerantes

Como materiais com função aglomerante, ou seja, como fração ativa da mistura, pode-se citar a cal hidratada e o cimento Portland.

Moura (2007) afirma que o cimento Portland, na função de aglomerante hidráulico, promove a aglutinação dos agregados não permitindo que os mesmos segreguem. Este é, segundo Carasek (1996), o principal responsável pela aderência da argamassa ao substrato, e o responsável por grande parte da resistência mecânica (CARNEIRO, 1999).

Mehta e Monteiro (2006) creditam a formação das propriedades mecânicas a reações químicas que ocorrem com a hidratação do cimento e posterior endurecimento da argamassa. Segundo os autores estas reações ocorrem quando os compostos do cimento (C_4AF , C_3S , C_2S e C_3A) reagem com a água formando o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), onde o C-S-H, por se tratar de um composto bastante resistente, torna-se o principal responsável pelas propriedades mecânicas do material.

A atuação do cimento pode ser influenciada por sua composição química e também por suas propriedades físicas como, por exemplo, sua finura. Tristão (1995) citando RILEM-MR-3⁹ afirma que cimentos com maior finura podem tornar as argamassas mais trabalháveis, pois, sendo a consistência um dos principais fatores a influenciar a trabalhabilidade, verifica-se que quanto mais fino é o aglomerante, maior o volume de pasta presente na mistura e por conseqüência maior é sua trabalhabilidade. Além disso, o mesmo autor salienta a influência da finura do aglomerante na retenção de água das argamassas, isto porque, a retenção de água está diretamente relacionada com a área

⁹ International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures – **RILEM. MR 3 The Complex Workability – Consistence – Plasticity**. 1st ed. France, RILEM, 1982.

específica da partícula, sendo que quanto mais fina a partícula maior é sua área específica.

Entretanto, há que ser ter um cuidado com a quantidade de finos, pois, de acordo com Carneiro (1993) altos teores de finos do cimento podem provocar retração por secagem e este sugere a utilização da cal hidratada como alternativa a aumentar os finos da mistura. Aliado a isso, o uso do cimento promove alta resistência mecânica, porém estas implicam na diminuição da capacidade de deformação das argamassas e isto pode acarretar em prejuízos na resistência ao impacto e à aderência (TRISTÃO, 1995).

Como forma de minimizar os efeitos negativos que altos teores de cimento podem provocar nas argamassas de revestimento, muito comumente se utiliza a cal hidratada, sendo que argamassas mistas de cimento e cal podem promover um equilíbrio de propriedades, melhorando com isso o desempenho da argamassa de revestimento.

Com relação a cal, segundo Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) além desta ser uma material aglomerante, possui, devido a sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água e, segundo Carneiro (1999), é ainda a maior responsável pela capacidade de deformação da mistura. Da mesma forma Tristão (1995) afirma que a utilização da cal nas argamassas pode melhorar propriedades como a trabalhabilidade e capacidade de deformação. Devido a isso, o uso da cal promove um aumento da extensão de aderência, o que favorece a resistência de aderência do sistema de revestimento. A cal também influi na durabilidade da aderência dos revestimentos, isto porque a cal possui a habilidade de evitar fissuras e preencher vazios, conseguida através das reações de carbonatação que se processam ao longo do tempo. A este processo particular da cal dá-se o nome de restabelecimento ou reconstituição autógena (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

Conforme citam Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) as cales podem ser classificadas através de sua composição química, sendo conhecidas como “cálcicas” as cales com teor de $\text{CaO} \geq 90\%$ em relação aos óxidos totais, como “magnesianas” as cales que possuem teores de CaO entre 65% e 90%, e como “dolomíticas” as com teor de CaO inferior a 65%. Os autores indicam que há uma relação direta entre a proporção de hidróxido de magnésio presente na cal hidratada e a resistência de aderência a medida em que aumenta o teor de hidróxido de magnésio com relação ao hidróxido de cálcio, há um aumento na capacidade de aderência dos revestimentos de argamassa.

Rago e Cincotto (1999) comprovam que o tipo de cal influi na trabalhabilidade que a mesma proporciona as argamassas, sendo que segundo seu estudo, que analisou a reologia de pastas (todas com mesma relação água/materiais secos) com os diferentes

tipos de cales, as pastas produzidas com CH-III magnesiânica apresentou maior fluidez, sendo seguida pela pasta com CH-I magnesiânica, CH-III cálcica e CH-I cálcica.

Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) apresentam ainda uma boa justificativa para o uso de argamassas mistas de cimento e cal. Segundo estes autores as argamassas com alto teor de cimento geram elevadas resistências mecânicas, porém, podem ser menos duráveis pois possuem uma maior tendência a fissuração. Por outro lado, argamassas ricas em cal não possuem altas resistências mecânicas mas possuem alta extensão de aderência devido a sua maior plasticidade, esta proporciona uma maior capacidade de “molhar” a superfície e preencher as cavidades do substrato promovendo uma interface mais densa e contínua além de apresentar menor fissuração se comparada a argamassas com somente cimento. “Assim, argamassas que podem ser consideradas ideais são aquelas que reúnem as qualidades dos dois materiais, ou seja, argamassas mistas de cimento e cal” (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001). Conforme Jaworoski (1990) graças as características de endurecimento da cal a durabilidade da aderência dos revestimentos pode ser garantida, pois o cimento quando hidrata-se provoca uma contração da mistura, no entanto, a cal, pelo lento endurecimento mantém a argamassa elástica, curando as fissuras de maneira autógena quando da carbonatação.

3.2.2 Relação água/cimento

A função da inserção de água na mistura consiste em promover as reações de hidratação do cimento e conseqüente promoção do endurecimento da argamassa. Além disso, a água possibilita à mistura consistência e trabalhabilidade necessárias para sua aplicação.

Além das propriedades em estado fresco da argamassa, como a trabalhabilidade, a quantidade de água presente na mistura altera também características no estado endurecido. Segundo Pretto (2007) é sabido que, no concreto, ao se alterar a relação água/cimento (a/c), a quantidade, distribuição e tamanho dos poros da mistura também se altera, sendo que quanto maior a porosidade menor é a resistência do mesmo. Com relação a este fenômeno, em argamassas, Lafhaj *et al.* (2006) trabalharam com sete argamassas de diferentes relações a/c , variando entre 0,3 e 0,6, e concluíram que ao aumentar a relação a/c da mistura há um acréscimo na porosidade da argamassa que varia de 8% para uma relação a/c de 0,3 até aproximadamente 13,5% para a relação a/c de 0,6 e que, da mesma forma, houve um acréscimo considerável na permeabilidade da mistura. De acordo com os mesmos autores, a porosidade e permeabilidade são amplamente reconhecidos como índices de durabilidade, uma vez que quantificam a resistência do material contra a penetração água e de agentes agressivos e, da mesma

forma que para o concreto, um aumento desta porosidade pode acarretar uma diminuição indesejada de resistência mecânica da argamassa.

Sendo assim, embora a relação água/cimento em argamassas não seja fator tão decisivo quanto é para os concretos, pelo acima exposto há que se ter cuidado para que este parâmetro não seja negligenciado sendo deixado à cargo da experiência do operário o qual realiza a mistura da argamassa.

3.2.3 Agregados

A areia, segundo Carneiro (1999) é a fração inerte que compõe a argamassa e, embora não participe das reações químicas de endurecimento, sua inserção, segundo o autor, interfere tanto no estado fresco da argamassa, quanto no estado endurecido. Segundo o autor, a composição granulométrica e o formato dos grãos interferem, diretamente, no estado fresco, na trabalhabilidade e na retenção de água e, no estado endurecido, nas resistências mecânicas, na capacidade de deformação e na permeabilidade, isto em função do preenchimento dos vazios e também pela dinâmica de rolamento entre partículas. Da mesma forma, Araújo (2001) afirma que a forma e a textura superficial da areia influenciam de forma significativa as propriedades das argamassas tanto no estado fresco quanto no endurecido e acrescenta, também, a influencia do mesmo durante o período de uso. Da mesma forma, segundo Schutter e Poppe (2004), o tipo de areia influencia significativamente os parâmetros reológicos e propriedades mecânicas da argamassa, sendo seu estudo importante na dosagem da argamassa.

De acordo com Moura (2007), a areia utilizada como agregado miúdo tem a função de “esqueleto inerte” da argamassa, ajudando na redução de custos na produção, visto que a mesma, por ocupar grande parte do volume na mistura, diminui a quantidade de cal e cimento. Carasek (1996) aponta a dualidade da função da areia, pois, por um lado, a areia beneficia a aderência da argamassa por ser um material indeformável e reduzir a retração, devido a redução do volume de pasta da mistura. No entanto, um teor de areia em demasia, segundo a autora, pode acarretar uma diminuição na resistência da aderência do revestimento.

Paes (2004), com intuito de avaliar o transporte de água entre a argamassa fresca e os substratos porosos, nos momentos iniciais pós-aplicação, testou dois tipos de substratos (bloco cerâmico e bloco de concreto) e 3 argamassas mistas (com variação da faixa granulométrica da areia), e constatou que a granulometria da areia teve influência na retenção de água, onde a argamassa com areia de granulometria mais fina foi a que apresentou maior resistência interna ao fluxo de água. No entanto, as argamassas com granulometrias de areia mais grossa foram as que apresentaram maior resistência de

aderência. Isto ocorreu, possivelmente, porque as areia de granulometria mais fina, pela alta retenção de água, impediram que os produtos da hidratação do cimento fossem absorvidos pelo substrato poroso, tornando a ancoragem deficiente.

Com relação a forma dos grãos, Carneiro (1993) sugere que grãos arredondados melhoram a trabalhabilidade das argamassas, porque este arredondamento diminui o atrito entre os grãos. No entanto, Tristão (1995) afirma que este atrito beneficia a ancoragem da interface, sendo indicado, portanto, o uso de grãos angulosos. O autor ainda salienta que, em argamassas de chapisco, esta ancoragem é de fundamental importância.

Tristão (1995) a fim de avaliar a influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de cimento e cal para revestimentos estudou quinze argamassas, sendo que cinco destas com traço 1:2:9 (cimento:cal:areia, em volume) e dez argamassas com traço 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume), com variações em suas composições granulométricas. Segundo o autor, a variação na composição granulométrica da areia na produção das argamassas para revestimento pode influir substancialmente nas características do material. Argamassas com areias classificadas como de uniformidade média a desuniforme apresentaram menores volumes de vazios do que as classificadas como muito uniformes, sendo que esta constatação é válida porque quanto maior o volume de vazios da areia, maior será consumo de aglomerante e água, isto para as condições de estudo apresentadas.

Desta forma, pelos estudos realizados acerca do agregado, pode-se concluir que, além da proporção de areia na mistura, características como: a distribuição granulométrica, o módulo de finura, a textura e a forma dos grãos promovem alterações importantes na argamassa em estado fresco e endurecido, e que o agregado deve ser escolhido de forma a atender os requisitos desejados na utilização da argamassa.

3.2.4 Aditivos e Adições

Aditivos, de acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), “são produto adicionados à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido”. Entre os muitos aditivos e suas diversas finalidades disponíveis no mercado, com relação as argamassas de revestimentos, os aditivos utilizados podem ter as seguintes funções:

- (a) impermeabilizante, atua na redução da permeabilidade à água das argamassas (DAFICO, CAVALCANTE e ALMEIDA, 2005);
- (b) hidrofugante, reduz a absorção de água por sucção capilar (QUARCIONI, CHOTOLI e OTA, 1999);

- (c) plastificante, aumenta a plasticidade no estado fresco sem adição de água (QUARCIONI, CHOTOLI e OTA, 1999);
- (d) incorporador de ar, age diminuindo a quantidade de água de amassamento, melhora a fluidez no estado fresco (SENTONE *et al.*, 2009) aumenta a retenção de água (Do Ó, 2004) e reduz a retração no estado endurecido (ALVES, 2002) e;
- (e) retentor de água, aumenta viscosidade e retenção de água das argamassas (Do Ó, 2004).

Já as adições, de acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), são “materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento”.

Alguns exemplos de adições, cujo o uso em concretos e argamassas de revestimento já foram motivo de estudo são: a sílica ativa, o metacaulim, a cinza de casca de arroz e alguns tipos de escória, como por exemplo escória de alto-forno (resíduos ou subprodutos do processamento de outros materiais, como, por exemplo, da indústria siderúrgica).

Ainda, com relação as adições, estas podem ou não possuir atividade química. Adições que não possuem atividade química são conhecidas como fillers e sua ação é puramente física. Atuam preenchendo os vazios entre os grãos de cimento e agregado densificando, com isso, a mistura. As adições que possuem atividade química são divididas em duas categorias: material pozolânico e material cimentante.

O material com atividade cimentante possui capacidade semelhante a do cimento Portland que, em contato com a água, reage formando os mesmos produtos, isto é, hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Já o material com atividade pozolânica, de acordo com a NBR 12653 (ABNT, 1992) é um material silicoso ou silicoaluminoso que, por si só, possui pouca ou nenhuma atividade aglomerante; no entanto, quando finamente moído e em presença de água, reage com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) à temperatura ambiente gerando compostos com propriedades aglomerantes. De acordo com Mehta e Monteiro (2006), a inserção de adições reagentes melhoram as características da mistura, aumentando as resistências e diminuindo a permeabilidade.

3.3 EFEITO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

Como forma de garantir bom desempenho, ou seja, garantir durabilidade e promover as funções a ela atribuídas em projeto, quando componente do sistema de revestimento, as argamassas de revestimento, bem como as argamassas de chapisco devem apresentar algumas propriedades específicas.

Alves (2002) citando Cincotto, Silva e Carasek (1995)¹⁰, indica algumas das principais propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco: a consistência, a plasticidade, a trabalhabilidade, a retenção de água, o conteúdo de ar incorporado; e, no estado endurecido, a capacidade de absorver deformações, as resistências mecânicas e a absorção. Neste trabalho estas propriedades foram também estudadas para as argamassas de chapisco, tentando com isso contribuir no entendimento de suas propriedades.

3.3.1 Consistência e retenção da consistência

Conforme descreve Araújo (2001), o índice de consistência de uma argamassa em estado fresco pode ser entendida como a capacidade da mesma de resistir a deformações quando submetida a ações de cargas externas. Para Rago (1999)¹¹ apud Araújo (2001), a consistência é, na verdade, a fluidez da argamassa, função do teor de água de amassamento, granulometria dos materiais e do teor de ar incorporado.

De acordo com a classificação devido a consistência, as argamassas podem ser classificadas como secas, plásticas ou fluidas. Araújo (2001) exemplifica argamassa seca como sendo aquela em que, devido a pouca quantidade de água na mistura, promove um maior contato entre os grãos de areia e entre estes e o aglomerante, resultando, assim, em um aumento no atrito entre as partículas. Nas argamassas ditas plásticas, segundo a autora, a pasta faz o papel de lubrificante dos grãos, facilitando, com isso, a movimentação relativa entre os mesmos. As argamassa classificadas como fluidas são aquelas em que os grãos estão imersos em grande quantidade de pasta, podendo ocorrer a segregação da mistura.

A retenção de consistência é vista como a capacidade da argamassa manter esta característica ao longo do tempo de aplicação (CINCOTTO, SILVA e CARASEK, 1995 apud Do Ó, 2004).

A consistência pode ser influenciada pelo tipo, forma e características texturais do agregado (ARAÚJO, 2001), bem como o tamanho das partículas (Rago e Cincotto, 1999).

¹⁰ CINCOTTO, M. A; SILVA, M. A. C; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades, e métodos de ensaios**. Boletim 68 IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1995. 118p.

¹¹ RAGO, F. **Características reológicas de pastas de cales hidratadas normalizadas e de cimento**. 1999. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

Ainda segundo Rago e Cincotto (1999), a consistência é conseqüência da viscosidade¹² da argamassa.

Ainda no que se refere a granulometria do agregado, de acordo com Carneiro (1999) quanto maior a continuidade da distribuição granulométrica do agregado, menor será o volume de vazios na mistura, diminuindo, com isso, a necessidade de pasta (água e aglomerante) para uma dada consistência.

Além da influência dos agregados, uma outra forma de modificar a consistência de uma argamassa está na introdução de aditivos do tipo retentor de água e incorporador de ar. Alves (2002), investigou a influência de aditivos incorporadores de ar nas propriedades das argamassas, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, e observou que para as argamassas o aumento do teor de ar incorporado causa uma redução da consistência. De acordo com Póvoas (2005), a introdução de aditivos retentores de água à base de éteres de celulose (HEC) em pastas de cimento fazem com que a água se mantenha fisicamente ligada, inibindo sua mobilidade e, conseqüentemente, aumentando a viscosidade e diminuindo a consistência.

Com relação à influência da consistência na argamassa de revestimento, no estado fresco pode-se citar a prevenção da segregação durante seu transporte e aplicação ao substrato e, na argamassa recém aplicada, a consistência tem a função de resistir às deformações advindas do seu peso próprio e da ação da gravidade, evitando o descolamento (Do Ó, 2004).

3.3.2 Plasticidade

A plasticidade pode ser definida como a propriedade que uma argamassa possui de manter a deformação, causada pela ação de forças externas, mesmo depois de cessadas essas cargas, sem ocorrência de ruptura (Do Ó, 2004). E, da mesma forma que a consistência, a plasticidade depende do teor de água, da natureza e teor do aglomerante, da intensidade de mistura das argamassas, e do teor de ar incorporado (ALVES, 2002). Rago (1999) apud Alves (2002) coloca que a plasticidade origina-se da estruturação interna, isto é, das forças de tensão superficial dos materiais.

Com relação aos fatores que influenciam na plasticidade das argamassas pode-se citar a quantidade de água presente na mistura, pois quanto maior for esta quantidade maior será

¹² Viscosidade: velocidade de deformação de um corpo. Possui uma relação direta com a consistência (Araújo, 2001).

a plasticidade. No entanto, ressalta-se que um excesso de água pode provocar a segregação da mesma.

Sobre a intensidade de mistura, Paravisi (2008) observa que o tempo de mistura relaciona-se com o teor de ar incorporado à argamassa. Quanto maior o tempo de mistura, maior o teor de ar incorporado e, conseqüentemente, maior plasticidade da argamassa. Quanto ao tipo de aglomerante, segundo Carasek (1996), a inserção de cal na mistura é capaz de promover uma melhora significativa na plasticidade das argamassas.

A importância da plasticidade está na promoção de uma boa extensão de aderência sobre o substrato e, com isso, a geração de uma resistência de aderência satisfatória.

Ainda, de acordo com Do Ó (2004), admite-se que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas que caracterizam a trabalhabilidade das argamassas. Para este autor, a consistência e plasticidade são propriedades que devem ser avaliadas de forma sinérgica, pois atuam e influenciam simultaneamente a trabalhabilidade.

3.3.3 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é definida segundo Carasek (1996) como a propriedade que confere às argamassas a capacidade de fluir ou de espalhar-se sobre a superfície dos substratos com habilidade de penetrar por suas saliências, protuberâncias e fissuras. Scartezini (2002) caracteriza a trabalhabilidade como sendo a facilidade do material em ser manuseado, apresentando um mínimo de reflexão e escorrimento quando da sua aplicação.

De acordo com Do Ó (2004), a trabalhabilidade pode ser vista como a propriedade final da argamassa, sendo esta a grande influenciadora da produtividade e do desempenho de um revestimento argamassado, uma vez que sem ela, a facilidade de manuseio, a adesão inicial, a extensão de aderência e, por conseqüência, a resistência de aderência à tração ficam comprometidas.

3.3.4 Retenção de Água

A retenção de água é definida como a propriedade que confere à argamassa a capacidade de não alterar seu comportamento reológico, de modo a não comprometer propriedades de trabalhabilidade, mantendo-se aplicável pelo máximo período de tempo quando sujeita a solicitações que incitem a perda de água, seja esta pela evaporação, sucção do substrato ou pelas reações de hidratação do cimento (Do Ó, 2004).

Segundo Tristão (1995) a retenção de água das argamassas de revestimentos interfere no tempo disponível para a aplicação, regularização e desempenho das argamassas, bem como influi em algumas propriedades da argamassa no estado endurecido. Isto porque,

segundo o autor, interfere nas condições de hidratação do cimento e carbonatação da cal, que são os responsáveis pelo endurecimento da mistura. Sébaïbi, Dheilly e Quéneudec (2003) afirmam que a retenção de água é propriedade determinante para o adequado desempenho das argamassas, pois, se a mesma, ao ser aplicada, permitir que a água presente na mistura seja toda ela absorvida pelo substrato por sucção capilar ou por evaporação para o meio, as reações de hidratação do cimento são comprometidas e, conseqüentemente, o desenvolvimento das propriedades mecânicas.

Alves (2002) aponta que argamassas com elevada retenção de água, aplicadas em substratos com pouca capacidade de absorção, podem necessitar de um tempo maior para iniciar os procedimentos de acabamento (sarrafeamento e desempenho), prejudicando a produtividade de execução e aumentando, com isso, a suscetibilidade da argamassa à retração plástica (podendo reduzir suas propriedades mecânicas), em virtude do maior tempo que ela ficará sujeita à evaporação. De forma contrária, argamassas com baixa capacidade de retenção de água aplicadas em substrato de alta capacidade de sucção podem perder rapidamente a água de amassamento impossibilitando as reações de hidratação do cimento e carbonatação da cal, causando prejuízos à resistência de aderência. Como forma de equilibrar as reações, deve-se analisar o caso e, se o substrato for de alta sucção é necessário uma argamassa de elevada retenção de água, caso contrário, se o substrato não possuir boa capacidade de sucção, deve-se utilizar argamassas com menor capacidade de retenção de água.

A função da retenção de água consiste em promover boa extensão de aderência, uma vez que, segundo Do Ó (2004), uma argamassa com retenção de água adequada proporcionará consistência e plasticidade capazes de diminuir falhas de contato entre a argamassa e o substrato, ou seja, boa extensão de aderência, o que provavelmente promoverá uma resistência de aderência aceitável.

Alves (2002) citando DÉTRICHÉ & MASO (1986) enumera os fatores intervenientes na retenção de água, entre eles:

- (a) as condições climáticas para cura, as quais regulam o equilíbrio higrotérmico (quanto maior a temperatura e menor a umidade do ambiente, menor a retenção de água);
- (b) a natureza física da mistura (proporção de aglomerante e teor de finos da mistura);
- (c) natureza química da mistura (em especial dos aglomerantes, em especial o uso de cal, que aumenta a retenção de água da argamassa);
- (d) a espessura da camada (quanto mais espessa, maior a retenção de água).

Uma outra forma ainda de alterar a capacidade de retenção de água está em fazer uso de aditivos ou adições na composição da argamassa. Um exemplo está no trabalho de Afridi *et al.* (1995) em que os autores, através da inserção de diferentes polímeros (quatro em pó e dois aquosos) em uma argamassa referência (1:3, cimento:areia), analisaram a capacidade de retenção de água das mesmas. Para comparação com a argamassa referência, os autores variaram o teor do polímero em 5%, 10%, 15% e 20% em relação ao volume de cimento e o fator água/cimento variou em função da consistência desejada de 170 ± 5 mm. Os autores constataram que para todos os tipos de polímero houve um incremento significativo na retenção de água com relação à argamassa de referência, sendo que esta sofreu um acréscimo na retenção de água de 25% a mais de 30%, dependendo do tipo e teor de polímero.

3.3.5 Teor de Ar Incorporado

Teor de ar incorporado nas argamassas, de acordo com a própria nomenclatura, refere-se às bolhas de ar que são incorporadas à mistura, diferenciando-se daquelas que são decorrentes da mesma (ou da evaporação da água) e que caracterizam o ar aprisionado (MOURA, 2007). Para Do Ó (2004) o ar incorporado são bolhas de ar estáveis, em forma de esferas microscópicas, enquanto que o ar aprisionado corresponde a bolhas de ar, cuja forma é irregular, não estável, resultante do aprisionamento durante a mistura da argamassa.

Esta incorporação de ar pode ser obtida através da inserção de aditivos incorporadores de ar. De acordo com Do Ó (2004), a introdução de aditivos incorporadores de ar promove nas argamassas de revestimento uma diminuição da densidade de massa e um aumento na retenção da água, na plasticidade e na adesão inicial.

Segundo Alves (2002) o teor de ar incorporado possui influências significativas tanto no estado fresco quanto no endurecido, alterando muitos aspectos da argamassa. Em seu estudo, com objetivo de analisar a influência da inserção de aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento, Alves (2002) adicionou a duas argamassas de cimento:areia (com teores diferentes de cimento) três diferentes marcas de aditivos incorporadores de ar e, para cada um deles, três teores diferentes. O autor constatou que ao acrescentar o aditivo há uma diminuição na consistência das argamassas e que quanto maior o teor de ar incorporado menor é a resistência de aderência à tração das argamassas.

3.3.6 Capacidade de Absorver Deformações

De acordo com Carasek (1996) os revestimentos devem possuir capacidade de absorver deformações para que, na ocorrência de movimentação do substrato, a argamassa possa deformar-se conforme a necessidade sem que haja o rompimento ou, no máximo, com a formação de microfissuras que não comprometam a aderência, a estanqueidade e, conseqüentemente, a durabilidade do revestimento.

As deformações impostas às argamassas de revestimento, segundo Alves (2002), podem advir, entre outras, do desenvolvimento de fissuras durante ou após o endurecimento da argamassa em razão da retração, movimentação térmica e estrutural do substrato.

A capacidade de deformação, também conhecida como elasticidade de uma argamassa, é medida através de seu módulo de deformação. De acordo com Bastos (2001) o módulo de deformação representa “a relação entre um determinado nível de tensão aplicado em um corpo e a deformação nele existente por conta desta tensão”, sendo de grande importância para as argamassas de revestimento porque a combinação entre módulo de deformação e resistência à tração é responsável pelo aparecimento ou não do fenômeno de fissuração das argamassas, responsável pelo desempenho e durabilidade do revestimento.

Segundo o mesmo autor, dizer que uma argamassa possui um baixo módulo de deformação significa que, para um dado valor de tensão, esta argamassa apresenta um valor de deformação alto, ou seja, a relação entre deformação e seu módulo é inversamente proporcional.

3.3.7 Resistências Mecânicas

Conforme SELMO (1989)¹³ apud Alves (2002) a resistência mecânica, refere-se à capacidade dos revestimentos de suportar ações mecânicas das mais diversas origens: devido à abrasão superficial, cargas de impacto, e movimentações higroscópicas, que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento.

Tristão (1995) cita que, embora não seja uma propriedade fundamental e determinante como é no concreto, a resistência mecânica das argamassas de revestimento tem sua importância devido à relação com outras propriedades, como a elasticidade (propriedade fundamental para a durabilidade do revestimento), a capacidade de absorção e a permeabilidade (ligada a porosidade).

¹³ SELMO, S. M. S. **Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo de Fachada de Edifícios**. 1989, 227p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

A argamassa deverá ter resistência para suportar as movimentações da base, que poderão aparecer por diversos motivos, como recalques, variação dimensional por ciclos de umedecimento e secagem ou, ainda, pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Sendo assim, estas solicitações poderão provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base, que deverão ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas (Tristão, 1995).

Carneiro (1993) afirma que a resistência mecânica das argamassas de revestimento “[...] pode ser avaliada pela massa volumétrica aparente, pela fissuração e pela evolução da resistência com o tempo”.

De acordo com Moura (2007) a massa volumétrica aparente é caracterizada pela estrutura dos poros da argamassa endurecida, onde esta é caracterizada pela porosidade inicial da mistura e àquela consolidada no decorrer do processo de hidratação do cimento. Como esperado, quanto menor a porosidade maior será a resistência mecânica.

A fissuração relaciona-se diretamente com a resistência a flexão das argamassas. De acordo com Bastos (2001), caso os esforços de tração impostos ao revestimento sejam maiores que sua resistência à tração, ocorre a fissura.

Com relação a evolução do endurecimento da argamassa ao longo do tempo, Tristão (1995) lembra que a fissuração pode ocorrer devido a variação volumétrica que argamassa sofre quando ocorrem as reações químicas da hidratação do cimento (responsável pelo endurecimento da argamassa), ou seja, a retração também é relacionada a resistência mecânica da argamassa.

3.3.8 Absorção

De acordo com Moura (2007), 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.”

De acordo com Kuo, Huang e Lin (2006), os poros capilares são poros relativamente grandes, formados pelos espaços anteriormente preenchidos de água, que restaram após a evaporação ou utilização desta água para as reações de hidratação do cimento, e sua formação é, portanto, fortemente influenciada pela relação água/cimento. Além disso, os mesmos autores afirmam que por serem poros interligados, estes possibilitam maior suscetibilidade a penetração de agentes agressivos no interior das argamassas. E, de acordo com Tristão (1995), a absorção capilar de um revestimento deve ser inferior à da

base a revestir e quanto menor esta permeabilidade, melhor a proteção da base contra as intempéries.

A absorção de água é portanto, segundo Carasek (1996), 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.

Em suma, todas estas características e propriedades apresentadas vão determinar o bom desempenho ou não das camadas de chapisco e argamassa de revestimento, bem como sua compatibilidade em uso.

3.4 INFLUÊNCIA DA FORMA DE APLICAÇÃO

Além do proporcionamento e características dos materiais das argamassas de revestimento e argamassas de chapisco, a forma de aplicação das misturas também influi para que se atinja as propriedades desejadas.

Para Antunes (2005) parte dos resultados obtidos advém da influência da energia, forma, tempo e seqüência de mistura bem como da energia de impacto com que a argamassa é lançada. Ainda sobre a aplicação a autora enfatiza que, durante a execução, uma das maiores fontes de variabilidade observada é a energia de lançamento, pois, na grande maioria das obras, há a predominância do lançamento manual onde a energia de impacto é bastante variável. Isto ocorre porque a energia de impacto é resultado de uma soma de fatores subjetivos como: força do operário, massa da porção lançada, ângulo de impacto com a base e altura de lançamento (ergonomia). Essa grande variabilidade pode promover falhas na interface substrato/argamassa e, conseqüentemente, acarretar prejuízos à resistência de aderência do revestimento.

Sendo assim, pela enorme influência que a forma de aplicação causa nas características finais dos revestimentos, de acordo com Fernandes (2007) a substituição da técnica de aplicação manual de argamassas de revestimento pela mecanizada é tendência internacional. A projeção mecanizada aumenta a produtividade de aplicação bem como padroniza a energia de lançamento, promovendo com isso a redução da variabilidade intrínseca da aplicação manual (FERNANDES, 2007; PARAVISI, 2008).

Paravisi (2008) cita a grande influência do fator humano na aplicação manual e vê como solução a introdução da aplicação mecanizada. A autora ainda cita as principais formas de projeção mecanizada utilizadas no Brasil, sendo elas: o projetor com recipiente acoplado e por bomba de projeção.

Entre estes equipamentos, o mais simples é o projetor com recipiente acoplado. Existem dois modelos deste tipo de projetor, um deles tem o formato de um funil e possui um bico regulável e o outro, mais comumente utilizado, conhecido como “canequinha” que consiste em um recipiente dotado de orifícios (figura 11, a e b). Este tipo de equipamento é abastecido diretamente do estoque de argamassa fresca, ou seja, não é bombeado. Através de um compressor, o ar comprimido é introduzido diretamente no recipiente do projetor que faz com que a argamassa seja expulsa através dos orifícios existentes no recipiente, promovendo a aplicação do material à base (PARAVISI, 2008).



Figura 11: Projetor com recipiente acoplado (canequinha): (a) vista da expulsão mistura e (b) vista frontal

Um inconveniente citado por Paravisi (2008) é o pequeno volume que este recipiente é capaz de comportar. No entanto, como estes equipamentos não bombeiam material, podem ser utilizados tanto com argamassas industrializadas quanto com misturas feitas em obra. Além disso, a aplicação de argamassa através deste equipamento promove constância de espessura, distribuição e energia de lançamento da mistura, resultando em uma padronização que, possivelmente, melhora as características finais do revestimento.

Outra forma de projeção, como dito anteriormente, é através de bombas de projeção (figura 12, a e b). Estes equipamentos são mais sofisticados e necessitam de maiores conhecimentos para sua utilização, bem como maiores mudanças no sistema de produção da obra. Segundo Paravisi (2008) estes equipamentos, normalmente, utilizam misturadores integrados ou dispostos de forma que a argamassa saia do misturador direto para o recipiente da bomba, e isto se traduz em uma das vantagens deste equipamento: a grande produtividade. De acordo com a autora, uma desvantagem é o alto custo da locação ou aquisição do equipamento, que é significativamente maior que os projetores com recipiente acoplado.



Figura 12: Projeção de argamassa através de bombas: (a) aplicação da argamassa e (b) misturador de argamassa

De todo modo, a escolha pela utilização da projeção mecanizada, seja ela por bombas ou por recipiente acoplado, é uma tentativa de maximizar a produção e também minimizar falhas advindas da aplicação manual.

Duailibe, Cavani e Oliveira (2005) em seu estudo, para avaliar a influência da forma de aplicação da argamassa na resistência de aderência à tração e na permeabilidade do revestimento, confeccionaram doze painéis revestidos de chapisco e emboço sobre blocos cerâmicos e, após 28 dias, realizaram os ensaios. A aplicação da argamassa foi realizada de forma manual e através de projeção mecanizada do tipo “canequinha”, e constatou-se que os valores de resistência de aderência à tração aumentaram em 55% com o uso da projeção mecanizada, e que a permeabilidade teve uma diminuição de 85%, em média.

Em outro estudo, Fernandes *et al.* (2009), objetivando avaliar a influência da forma de aplicação (manual, caixa de queda, e projeção a ar comprimido, canequinha) nas propriedades mecânicas dos revestimentos de argamassa, moldaram placas de revestimento com três composições de argamassa mista com traço 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume) e com inserção de aditivo incorporador de ar nas proporções de 0%, 0,015% e 0,030% em relação a massa total anidra. Após 50 dias foi realizado o ensaio para verificar a resistência de aderência do revestimento e constatou-se que a forma de aplicação exerce grande influência na resistência de aderência. Observa-se que a aplicação por projeção a ar comprimido leva a um aumento significativo desta propriedade quando comparada à aplicação manual, sendo que o valor médio de resistência de aderência à tração aumentou 58%, passando de 0,12 MPa na aplicação manual para 0,19 MPa na projeção a ar comprimido.

Todos os autores apontam para a influência da forma de aplicação, mostrando ser esta uma importante variável na formação da resistência de aderência dos revestimentos argamassados.

3.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CURA: TEMPERATURA E UMIDADE

Na formação dos mecanismos de aderência, além dos fatores intrínsecos relacionados aos materiais, seu tipo, proporcionamento e propriedades resultantes, bem como interação substratos/argamassas de revestimento, existem fatores externos capazes de intervir nas propriedades dos elementos componentes do sistema de revestimento e que, portanto, podem causar alteração dos mecanismos de aderência.

Entre estes fatores externos intervenientes no desempenho dos revestimentos estão as condições de cura dos elementos que os compõem. De acordo com a ACI 308R-01 (2001)¹⁴ citada por Antunes (2005) o termo cura é utilizado para descrever a ação que visa manter as condições de umidade e a temperatura em uma mistura cimentícia fresca visando obter uma elevado grau de hidratação do cimento e assim desenvolver o potencial das propriedades dos materiais. Ballester *et al.* (2009) afirmam que as propriedades intrínsecas das argamassas a base de cimento são determinantemente influenciadas pelas condições iniciais de cura.

Muitos são os fatores que interferem na adequada cura dos materiais a base de cimento. Scartezini (2002) cita que, embora a perda de água para o ambiente por evaporação seja menor do que a parcela absorvida pela base, esta, dependendo das condições climáticas as quais irão regular os parâmetros do equilíbrio higrótérmico, poderá afetar a integridade física do revestimento pela retração e fissuração excessiva no momento da secagem. As condições climáticas de maior interferência na perda de água para o meio são a temperatura, a umidade relativa do ar e também, segundo Moura (2007), a ventilação.

Com relação a temperatura, Moura (2007) cita que sua influência no processo de cura não está em favorecer ou inibir o processo de hidratação, mas sim em ditar a velocidade deste processo. Segundo Lion *et al.* (2005) a temperatura, além de acelerar o processo de endurecimento da argamassa, influencia na quantidade de água presente nas reações, pois, em função da evaporação ocasionada pelo calor, esta acelera a perda de água podendo causar uma hidratação incompleta, mantendo-se grãos de cimento anidros.

Ao longo dos anos, muitos trabalhos foram desenvolvidos neste sentido e apontaram as temperaturas elevadas, durante o período de cura, como prejudiciais aos materiais cimentícios (MIRZA, AL-NOURY e AL-BEDAWI, 1991; TAN e GJORV, 1996; HASSAN, K. E., ROBERY, P. C. e AL-ALAWI, L., 2000; TEMOCHE e BARROS, 2010).

¹⁴ American Concrete Institute (ACI). Guide to Curing Concrete – **ACI 308R-01, 2001**.

De acordo com Ballester *et al.* (2009), muitos estudos citam a que as altas temperaturas durante o período de cura de argamassas a base de cimento apresentam alterações na porosidade do material e morfologia dos cristais de C-S-H. Ainda com relação a morfologia do C-S-H, Hoffmann (2001) enfatiza que em altas temperaturas são formados cristais de C-S-H de maior tamanho e com maior proporção de hidróxido de cálcio, o que pode justificar a queda de resistência. Segundo Ezziane *et al.* (2007) e Ballester *et al.* (2009), altas temperaturas podem promover a acelerada hidratação do cimento e, com isso, os produtos de hidratação assim formados são macroporosos, distribuídos de forma heterogênea, e sua resistência à compressão a longo prazo é reduzida. Courard *et al.* (2003) afirma que a criação de uma microestrutura durável depende da relação água/cimento, do processo de dosagem e mistura do material e também das condições de cura.

Moura (2007), com o objetivo de analisar a influência das condições ambientais da ação do vento e da temperatura elevada durante a cura da argamassa de chapisco na aderência dos revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto, moldou corpos-de-prova prismáticos de (45x45x10) cm de concreto (37MPa) que posteriormente foram revestidos com chapisco e argamassa de revestimento, ambos em três combinações (uma dosada em obra e duas industrializadas com fabricantes diferentes). Para verificar a influência das variáveis acima citadas, durante a cura do chapisco, os corpos-de-prova prismáticos foram expostos a ação do vento e, parte deles, foi também exposta a ação de alta temperatura (40°C). Os demais, foram curados à temperatura de 23°C durante os três dias de cura do chapisco. Em seguida, foram aplicadas as argamassas de revestimento. As argamassas de revestimento foram curadas a uma temperatura de 23±2°C sem ação do vento e umidade relativa do ar de 60±10%. Após 28 dias de aplicada a argamassa de revestimento foram realizados ensaios para avaliar a resistência de aderência do sistema de revestimento. A autora constatou que as variáveis estudadas tanto de forma isolada quanto a interação entre elas influenciaram de forma significativa na resistência de aderência, agindo na queda desta, sendo que o efeito do calor foi predominante sobre o do vento, sendo responsáveis por uma queda de 0,085MPa e 0,014MPa, respectivamente.

Da mesma forma, Ruduit (2009) verificou a influência da alta temperatura na cura do chapisco na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. Este executou em painéis de concreto a aplicação de quatro diferentes tipos de chapisco, sendo que destes, três chapiscos convencionais (1:3 CPIV-32; 1:3 CPII-Z e 1:2 CPIV-32) e um industrializado. Logo após a aplicação da camada de chapisco, parte dos painéis foram submetidos a temperatura de 23°C e parte a temperatura de 50 °C durante três dias e, em seguida, foi aplicada a argamassa de revestimento. Passados 28 dias da aplicação da argamassa foi

realizado o ensaio para verificar a resistência de aderência a tração do conjunto (substrato+chapisco+argamassa de revestimento). O autor observou que a alta temperatura na cura do chapisco teve influência significativamente negativa; os resultados apresentaram, em média, valores 50% menores ao aumentar a temperatura de 23°C para 50°C.

Além da temperatura, outro importante efeito é o da umidade relativa do ar. A evaporação ocorre quando há um desequilíbrio de umidade entre a argamassa em estado fresco (considerando que a argamassa em estado fresco está saturada, ou seja, 100% úmida) e o meio ambiente (considerando que a umidade relativa do ar é sempre inferior a 100%). A água migra no sentido do meio mais para o menos saturado, ou seja, ocorre a evaporação da água da argamassa para o meio e, as vezes, devido a perda prematura da água, pode impossibilitar as reações de hidratação do cimento e prejudicar a aderências dos revestimentos. Muitas vezes para tentar reverter este processo é realizada a cura úmida dos materiais. Em um estudo realizado por Pereira, Carasek e Francinete Jr. (2005) com o intuito de avaliar a influência da cura úmida em revestimentos de argamassa, os autores aplicaram em 36 painéis, constituídos de blocos cerâmicos e de concreto, três tipos de argamassa, duas industrializadas e uma com a inserção de vermiculita. Os painéis foram submetidos a diferentes curas: ao ar, úmida por três dias e úmida por sete dias. Os autores constataram que, de um modo geral, a cura úmida contribuiu para o aumento da resistência de aderência, reduziu significativamente a permeabilidade e a capacidade de absorção de água (redução de até 85% da absorção final do revestimento), bem como aumentou a resistência superficial à tração de todos os revestimentos avaliados, atingindo aumentos da ordem de 140%.

Como pode-se perceber, através dos trabalhos acima citados, a adequada cura dos sistemas de revestimentos argamassados, incluindo todos os seus componentes (substrato, argamassa de chapisco e argamassa de revestimento) é de fundamental importância para a realização completa das reações de hidratação do cimento e formação dos produtos que possibilitarão uma resistência de aderência do revestimento compatível com a desejada.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental visa analisar a influência da forma de aplicação e composição do chapisco frente à resistência de aderência de revestimentos de argamassa aplicados sobre substratos de concreto de baixa porosidade. Para tal, o programa experimental descrito a seguir foi elaborado de forma a contemplar técnicas praticadas na construção civil e, da mesma forma, priorizou o uso de materiais comumente empregados e bastante conhecidos na construção de edificações.

4.1 VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para atender os objetivos foram elaboradas amostras de revestimento aplicado sobre camada de preparo em argamassa de chapisco aplicada em “mini-paredes” de concreto, sendo fixadas condições de cura para cada componente do sistema de revestimento.

Foram moldados corpos-de-prova prismáticos de concreto com dimensões de (35x25x5)cm, e estes foram revestidos com chapisco e argamassa de revestimento aplicados em uma de suas maiores faces, sendo esta a que estava em contato com a fôrma. Quanto às condições de cura, foram estabelecidas condições fixas para o substrato de concreto e para a argamassa de revestimento. No entanto, para a camada de argamassa de chapisco, nesta pesquisa a cura foi dividida em duas etapas. Na primeira, a argamassa de chapisco foi curada em ambiente de temperatura controlada simulando condições amenas. Foi utilizado $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 10\%$ de temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente. Na segunda etapa, as argamassas de chapisco, com aplicação manual e que continham aditivo retentor de água, foram curadas em uma temperatura elevada, em períodos cíclicos de 12 horas. Destas, 12 horas a temperatura permaneceu em $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 12 horas a uma temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$. Com isso, foi simulada a aplicação do chapisco em dias de calor intenso de verão. Esta etapa visou a avaliação da utilização deste aditivo na resistência de aderência em altas temperaturas. Esta análise foi proposta tanto em vista alguns trabalhos anteriormente realizados no NORIE/UFRGS, por Moura (2007) e Rudit (2009). Moura (2007) utilizou a alta temperatura na cura do chapisco como uma de suas variáveis e, a partir dos resultados obtidos, concluiu que, para todos os chapiscos utilizados em seu estudo, ao se aumentar a temperatura de cura de 23°C para 40°C houve uma queda significativa na resistência de aderência à tração, sendo que, foram observadas maiores quedas nas combinações formadas pela argamassa de

chapisco convencional, com queda de até 0,25MPa. Já Ruduit (2009) constatou em seu estudo que ao aumentar a temperatura durante a cura do chapisco de 23°C para 50°C a resistência de aderência à tração decaiu em, aproximadamente, 48%.

A seqüência de execução dos corpos-de-prova de revestimento iniciou com a moldagem dos prismas de concreto de (35x25x5)cm, cura de 28 dias em água com cal, após a qual foi aplicada a argamassa de chapisco (aplicação manual ou mecanizada) sobre uma das faces do mesmo. As argamassas de chapisco sofreram processo de cura durante 3 dias (temperatura de 23±2°C e umidade de 60±10%) e na seqüência foi aplicada a argamassa de revestimento. O conjunto “substrato+chapisco+argamassa de revestimento”, foi curado por mais 28 dias à temperatura de 23±2°C e umidade de 60±10%. Os ensaios para a determinação da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do sistema de revestimento foram realizados após 59 dias do início da execução dos corpos-de-prova de concreto.

A figura 13 ilustra esquematicamente as “mini-paredes”: dimensões e disposição dos componentes do revestimento.

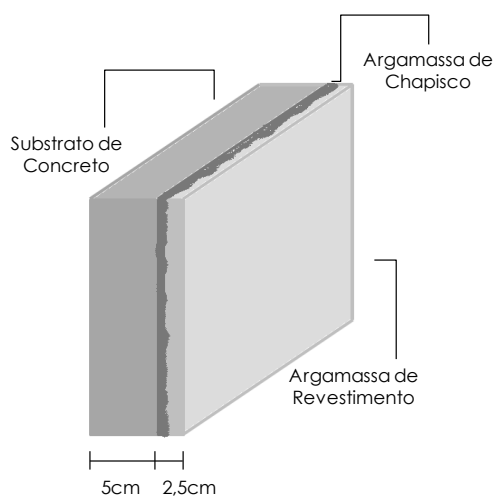


Figura 13: Representação esquemática das “mini-paredes”

A camada de chapisco mais a camada de argamassa de revestimento totalizam, aproximadamente, a espessura de 2,5cm, onde, para a execução da argamassa de revestimento foi utilizado um gabarito correspondente a 2cm de espessura.

Para avaliar o comportamento da aderência de revestimentos de argamassa foram elaboradas uma série de combinações que alteram, basicamente, a composição do chapisco (introdução de sílica ativa, introdução de aditivo retentor de água, variação da granulometria da areia), e a forma de aplicação do chapisco (manual e mecanizada). Estas serão melhor descritas nos itens que se segue.

A figura 14 apresenta, resumidamente, as variações propostas para este estudo.

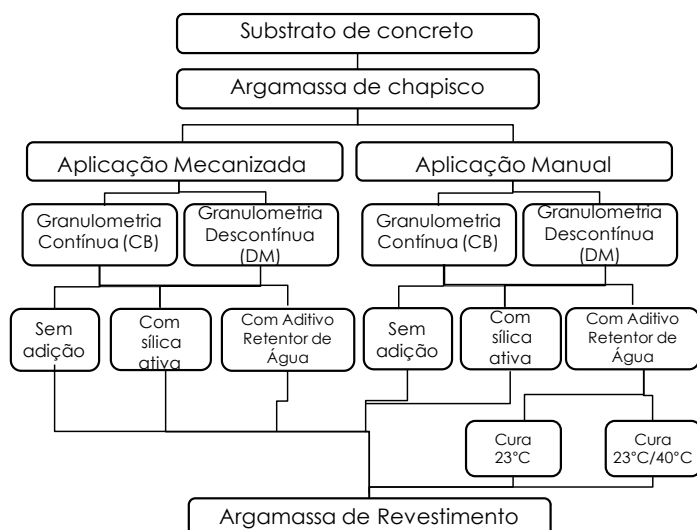


Figura 14: Fluxograma com as variações propostas para este estudo

4.2 ELEMENTOS NÃO VARIÁVEIS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

No planejamento experimental foi necessário adotar alguns critérios básicos afim de controlar as variáveis auxiliares. As variáveis auxiliares são as que, apesar de não fazerem parte da pesquisa como variáveis principais, devem ser consideradas e controladas por exercerem efeitos importantes. Assim, como forma de isolar o efeito do chapisco na aderência do revestimento e diminuir o ruído dos resultados, os outros componentes do sistema de revestimento, substrato de concreto e a argamassa de revestimento, foram mantidos constantes, bem como alguns procedimentos para confecção dos corpos-de-prova.

4.2.1 Argamassa de Revestimento

Após pesquisa bibliográfica e também com o intuito de obter dados que possam ser comparados a outras pesquisas em desenvolvimento no NORIE (Núcleo Orientado para Inovação da Edificação) que seguem esta mesma linha, a argamassa de revestimento teve fixos o traço, os materiais constituintes, a cura e a forma de aplicação da mistura.

4.2.1.1 Materiais Constituintes – Caracterização

A argamassa de revestimento utilizada foi uma argamassa mista de cimento e cal com traço 1:1:4 (cimento:cal hidratada:areia, em volume úmido) com adição de um aditivo incorporador de ar, a base de resina vegetal, no teor de 0,2% sobre a massa de cimento. Os materiais utilizados para a composição desta argamassa de revestimento foram escolhidos baseados nas características desejadas e também na disponibilidade dos mesmos. Além disso, esta argamassa foi utilizada para que, futuramente, seja possível a

comparação dos resultados obtidos nesta pesquisa com outra em desenvolvimento na mesma linha de pesquisa no NORIE/UFRGS que utilizou esta mesma argamassa.

4.2.1.1.1 Cimento

O cimento utilizado para a argamassa de revestimento foi o cimento Portland CPIV (tabela 1) e justifica-se pelo uso corrente nos revestimentos convencionais e também por se tratar de um cimento de fácil aquisição na região.

Tabela 1: Caracterização física, química e mecânica do cimento CPIV

CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO CP IV UTILIZADO		
Ensaio	Método	Resultado
		CP IV
Superfície específica Blaine**	NBR NM 76/98	459,00 m ² /kg
Massa específica**	NBR NM 23/01	2,67g/cm ³
Massa Unitária **	NBR NM 45/95	0,77g/cm ³
Finura peneira nº 200***	NBR 11579/91	1,10%
Início de pega***	NBR NM 65/02	225min
Fim de pega***	NBR NM 65/02	287min
Perda ao fogo***	NBR NM 18/04	3,18%
Resistência à compressão***	7 dias	NBR 7215/96
	28 dias	NBR 7215/96
Resíduo insolúvel***	NBR NM 22/04	26,17%
Óxido de magnésio (MgO)***	NM 11-2/04	4,72%
Anidrido Sulfúrico (SO ₃)***	NM 16/04	2,42%
Óxido de Cálcio Livre (CaO livre)***	NM 13/04	1,49%

* ensaio realizado no LACER - UFRGS *** dados fornecidos pelo fabricante

** ensaio realizado no NORIE - UFRGS

4.2.1.1.2 Cal Hidratada

A cal utilizada foi a cal hidratada CH-I e sua caracterização está apresentada na tabela 2, sendo que o gráfico da distribuição granulométrica da mesma, realizada no Laboratório de Materiais Cerâmicos (LACER/UFRGS).

Tabela 2: Caracterização física e química da cal hidratada

CARACTERIZAÇÃO DA CAL - CHI		
Ensaio	Método	Resultado
Massa específica**	NBR NM 23/01	2,37g/cm ³
Massa unitária**	NBR NM 45/95	0,51g/m ³
Diâmetro médio*	Granulometria a laser	22,4µm
CaO total***	NBR 6473/04	mínimo 55%
MgO total***	NBR 6473/04	máximo 29%
Resíduos Insolúveis***	NBR 6473/04	máximo 10%
Ca(OH) ₂ ***	NBR 6473/04	mínimo 72,65%
Umidade***	NBR 6473/04	máximo 2%

* ensaio realizado no LACER - UFRGS *** dados fornecidos pelo fabricante

** ensaio realizado no NORIE - UFRGS

4.2.1.1.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo foi uma composição obtida através de peneiramento realizado em laboratório da areia regular, quartzosa, proveniente do Rio Jacuí e posterior mistura de 25% de cada uma das frações retidas nas peneiras: 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15 mm (tabela 3).

Tabela 3: Caracterização física do agregado utilizado para argamassa

GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO ARGAMASSA (NBR NM 248/03)		
Peneira (abertura)	% retida	% acumulada
4,75mm	-	-
2,36mm	-	-
1,18mm	25	25
600µm	25	50
300µm	25	75
150µm	25	100
Módulo de finura		2,50
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/95)		1,68g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

4.2.1.2 Forma de Aplicação da Argamassa de Revestimento

A aplicação da argamassa foi realizada com auxílio de aparato confeccionado para este propósito, a “caixa de queda” (figura 15). Esta escolha foi feita para que com isso pudesse ser eliminada a influência humana na aplicação da argamassa direcionando os resultados para as variáveis de interesse.

A “caixa de queda” proporciona que a argamassa de revestimento seja lançada de uma altura padrão, em queda livre, mantendo fixa, com isso, a energia de impacto da argamassa sobre o substrato. A altura de lançamento da argamassa utilizada foi de 1 metro e foi resultante de ensaios, anteriormente realizados, baseados na determinação da densidade de massa das argamassas de revestimento, onde verificou-se que, com esta altura, os resultados obtidos com a utilização da “caixa de queda” a 1 metro de altura foram similares aos observados quando da aplicação convencional do revestimento por um operário experiente.

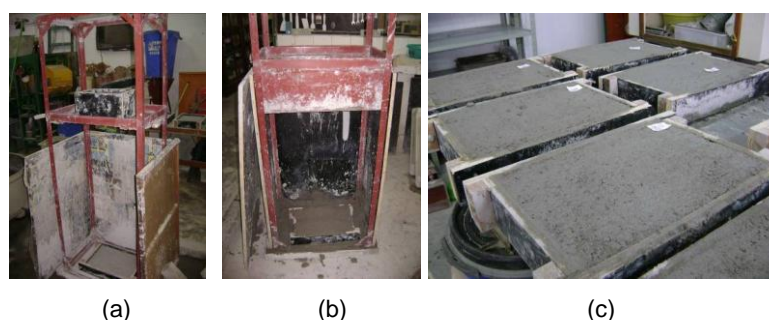


Figura 15: (a) Vista geral do equipamento, (b) argamassa após queda livre e (c) aspecto final da argamassa após aplicação

4.2.1.3 Dosagem da argamassa

Com o traço em volume (1:1:4), areia úmida, tendo os valores de massa unitária (item 4.2.1.1.1 à 4.2.1.1.3) dos diferentes componentes da argamassa de revestimento e utilizando um coeficiente de inchamento para a areia de 29%, foi possível encontrar o traço em massa (1:0,66:6,77), areia seca. Em seguida, foi realizada a dosagem da água, que foi obtida com auxílio de funcionário experiente que determinou a quantidade de água excelente para que a aplicação da mistura fosse adequada. A tabela 4 apresenta os valores do traço, em massa, em volume e o valor encontrado para a relação água/cimento utilizados na argamassa de revestimento.

Tabela 4: Dosagem da argamassa de revestimento

Traço em Volume			a/c	Traço em Massa			Quantidade de Material (kg)						
cim	cal	a		cim	cal	areia	cim	cal	areia seca				água
									1,2	0,6	0,3	0,15	
1	1	4	1,2	1	0,66	6,77	3,55	2,55	6,03	6,03	6,03	6,03	4,26

* uso de 0,2%, sobre a massa de cimento, de aditivo incorporador de ar

4.2.2 Substrato de Concreto

Com relação ao substrato de concreto, as características fixadas foram as dimensões dos corpos-de-prova, as fôrmas utilizadas para a concretagem, os materiais constituintes, a resistência característica e, conseqüentemente, a dosagem do mesmo, a cura e, também, o tratamento superficial do prisma pré-aplicação da argamassa de chapisco.

4.2.2.1 Dimensões do Substrato

As dimensões do substrato para este programa experimental, como anteriormente mencionado, são de (35x25x5)cm. Esta dimensão padrão foi escolhida com base no número de arrancamentos e espaçamentos entre corpos-de-prova necessários de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010). Esta norma prevê a extração de, no mínimo, 12 corpos-de-prova por combinação, sendo, então, necessários 2 prismas para atender a exigência da norma pois cada prisma permite o ensaio de 6 corpos-de-prova. Além disso, estas dimensões foram idealizadas com vistas a facilidade do manuseio do corpo-de-prova.

4.2.2.2 Fôrmas para Concretagem

As fôrmas utilizadas foram metálicas com tamanho correspondente as dimensões desejadas para os prismas (figura 16).



Figura 16: Fôrmas utilizadas para moldagem dos prismas de concreto: (a) aspecto do concreto antes de vibrado e (b) aspecto do concreto após vibração

A escolha por fôrmas metálicas foi uma decisão baseada na necessidade de que o material utilizado para esta finalidade não apresentasse variações significativas ao longo das sucessivas concretagens realizadas para esta pesquisa, resultando em um mesmo acabamento final do concreto sem diferenças de porosidade.

4.2.2.3 Materiais Constituintes – Caracterização

Da mesma forma que para a argamassa de revestimento, os materiais utilizados para confecção do substrato de concreto tiveram sua escolha baseada nas características que se objetivava obter do mesmo e, também, tendo em vista a disponibilidade dos mesmos na região. A seguir está apresentada a caracterização dos materiais utilizados na produção dos substratos de concreto.

4.2.2.3.1 Cimento

O cimento utilizado para confecção dos substratos foi o CII-Z. Este foi escolhido pela sua disponibilidade em grande parte das cimenteiras da região, sendo então, seu uso, freqüente pelas concreteiras. Sua caracterização química, física e mecânica, bem como as referências normativas correspondentes à determinação de cada propriedade, são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5: Caracterização física, química e mecânica do cimento CP II-Z

CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO CP II-Z UTILIZADO		
Ensaio	Método	Resultado
		CP II-Z
Superfície específica Blaine**	NBR NM 76/98	489,63 m ² /kg
Massa específica**	NBR NM 23/01	2,95g/cm ³
Massa Unitária**	NBR NM 45/95	0,81g/cm ³
Finura peneira nº 200***	NBR 11579/91	3,40%
Início de pega***	NBR NM 65/02	256min
Fim de pega***	NBR NM 65/02	334min
Perda ao fogo****	NBR NM 18/04	5,62%
Resistência à compressão***	7 dias	NBR 7215/96
	28 dias	NBR 7215/96
Resíduo insolúvel***	NBR NM 22/04	11,50%
Óxido de magnésio (MgO)***	NM 11-2/04	5,79%
Anidrido Sulfúrico (SO ₃)***	NM 16/04	3,01%

* ensaio realizado no LACER - UFRGS *** dados fornecidos pelo fabricante

** ensaio realizado no NORIE - UFRGS

4.2.2.3.2 Agregados

Para uso como agregado miúdo foi escolhida uma areia regular quartzosa proveniente do Rio Jacuí. Sua caracterização está apresentada na tabela 6.

Tabela 6: Caracterização física do agregado miúdo utilizado no concreto

GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO (NBR NM 248/03)		
Peneira (abertura)	% retida	% acumulada
4,75mm	1	1
2,36mm	4	5
1,18mm	11	16
600µm	19	35
300µm	34	69
150µm	26	95
<150µm	5	100
Módulo de finura		2,21
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/95)		1,57g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

Para o agregado graúdo optou-se por uma brita basáltica, chamada comumente de brita zero ou pedrisco, e sua caracterização está descrita na tabela 7.

Tabela 7: Caracterização física do agregado graúdo utilizado no concreto

GRANULOMETRIA AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 248/03)		
Peneira (abertura)	% retida	% acumulada
19mm	-	-
9,5mm	1	1
4,75mm	81	82
2,36mm	17	99
1,18mm	1	100
600 μ m	0	100
<600 μ m	0	100
Módulo de finura		5,82
Dimensão máxima (mm)		9,5
Massa unitária (NBR NM 45/95)		1,38g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,98g/cm ³

4.2.2.4 Dosagem e Resistência à Compressão do Concreto

A definição da faixa de resistência característica do concreto do substrato utilizada neste programa experimental, baseou-se em um levantamento prévio realizado em algumas obras da região, onde estas foram questionadas sobre qual a faixa de resistência do concreto mais comumente é utilizada na cidade de Porto Alegre. Considerando o que foi mencionado, a resistência característica escolhida para os substratos de concreto foi de 30MPa.

Para a definição do proporcionamento dos materiais que foram utilizados, foi realizada uma dosagem. Esta dosagem foi baseada no método do IPT/EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1993). Conforme o método, determina-se inicialmente o teor de argamassa ideal para os materiais utilizados, se estabelece a relação água/cimento condizente com a trabalhabilidade desejada, e então elabora-se um diagrama de dosagem que permite correlacionar parâmetros como: resistência à compressão do concreto, relação água/aglomerante, abatimento do concreto e consumo de cimento.

Baseado nisso, para que fosse possível construir o gráfico de dosagem, e que nele contivesse a faixa de resistência desejada, foram escolhidos três traços que contemplavam a produção de concretos tanto de baixa como de alta resistência. Os traços escolhidos foram 1:3,5, 1:5 e 1:6,5, sendo que a dosagem teve início pelo traço intermediário, onde obteve-se um teor ideal de argamassa (α) de 56%.

A partir do teor ideal de argamassa encontrado para o traço 1:5, foi encontrado o proporcionamento dos materiais para os demais traços e, fixando-se a consistência desejada para o concreto (que para esta pesquisa foi de 100 \pm 20 mm, determinada a partir do ensaio de abatimento de tronco de cone, segundo a norma NM 67 (ABNT, 1998)), foi encontrada a quantidade de água necessária para a mistura. Para cada traço foram moldados 6 corpos-de-prova, ensaiados à compressão aos 7 e 28 dias.

A tabela 8 apresenta o traço unitário, a quantificação de materiais e a resistência à compressão média aos 28 dias.

Tabela 8: Características dos traços dosados com teor de argamassa de 56%

Dosagem (traço)	α (%)	Traço Unitário			m	Quantidade de material (kg)				Propriedades			fcj (MPa)
		cim	a	p		cim	a	p	água	a/c	H(%)	Abat. (mm)	
1:3,5	56	1	1,52	1,98	3,5	10,1	15,35	20	4,52	0,45	9,94	80	40,77
1:5,0		1	2,36	2,64	5	7,58	17,88	20	4,5	0,59	9,89	110	23,96
1:6,5		1	3,2	3,3	6,5	6,06	19,39	20	4,5	0,74	9,90	80	13,83

Tendo posse destes valores, foi traçado o diagrama e, a partir deste, foram definidos o traço unitário e o proporcionamento dos materiais utilizados, baseado na resistência à compressão desejada (tabela 9).

Tabela 9: traço unitário e quantificação de materiais para fck=30MPa

m	Traço Unitário			Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	a/c	H%	Cc (kg/m ³)
	cim	a	p							
3,73	1	1,65	2,08	33,17	54,74	69	15,59	0,47	9,94	461

4.2.2.5 Moldagem e Cura dos Corpos-de-prova

A moldagem dos substratos de concreto foi realizada em 6 semanas, sendo executada uma concretagem por semana com a utilização da betoneira de eixo inclinado, betoneira de tombo. Nas 4 primeiras concretagens foram moldadas 12 placas e nas 2 últimas foram moldadas 16, totalizando 80 corpos-de-prova prismáticos de concreto, como dito anteriormente, de dimensões (35x25x5)cm. Além destes, foram moldados, a cada betonada de concreto, 6 corpos-de-prova cilíndricos ($\varnothing=9,5$ x h=19)cm para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. Após as moldagens, os prismas e os corpos-de-prova cilíndricos, ainda nas fôrmas, foram cobertos por sacos plásticos e ficaram em temperatura ambiente durante 24h, passado este período os mesmos foram desmoldados e levados para cura submersa em caixas, previamente preparadas, com água e cal, até a idade de 25 dias.

4.2.2.6 Tratamento Superficial do Substrato

Como tratamento superficial do concreto, para todos os prismas, foi escolhido a escovação, com escovas de cerdas de aço, e posterior limpeza com brocha de cerdas macias (figura 17, a e b). Este último tem a finalidade de remover poeiras e outros tipos de contaminantes que possam estar presentes na superfície do prisma.



Figura 17: (a) escova de cerdas de aço e brocha, da esquerda para direita, utilizados para limpeza, e (b) aspecto final da superfície após escovação

Para realização do tratamento, os prismas foram retirados da cura submersa aos 25 dias de idade, ou seja, três dias antes de receberem a camada de chapisco. Esta medida foi tomada para que as placas fossem lavadas, com água quente, para a retirada de restos de desmoldante e cal acumulados. Após a realização da lavagem, as mesmas foram para câmara climatizada à temperatura e umidade controladas (temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade de $60\pm 10\%$) até o dia em que receberam a aplicação do chapisco. A opção por colocar os prismas na sala climatizada, após tratamento, dois dias antes da aplicação do chapisco foi tomada com a finalidade de reduzir a umidade presente nos poros do concreto.

4.2.3 Condições de Cura do Sistema de Revestimento

A cura do sistema de revestimento foi uma cura padrão e foi a mesma no decorrer de toda pesquisa. Após receber a argamassa de chapisco esta pesquisa dividiu-se em duas etapas, onde, na primeira, todas as combinações de argamassa de chapisco foram curadas em ambiente de temperatura e umidade controladas de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 10\%$, respectivamente. Na segunda, as combinações com utilização de aditivo retentor de água, e aplicação manual, foram curadas em condições mais agressivas com temperatura de $40\pm 2^{\circ}\text{C}$, ambas durante 3 dias. Esta segunda etapa visa analisar a sensibilidade do uso de aditivo retentor de água no chapisco submetido a altas temperaturas. Vale salientar que, para a cura em alta temperatura, as placas foram submetidas a ciclos de 12 horas, ou seja, 12 horas a $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 12 horas a $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante os três dias.

Após a cura do chapisco, foi aplicada a argamassa de revestimento e o conjunto “substrato+chapisco+argamassa de revestimento” receberam, durante 28 dias, uma cura fixa, realizada em câmara climatizada com condições de temperatura e umidade relativa do ar controladas referentes a $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 10\%$, respectivamente.

Todos os procedimentos acima descritos foram realizados com o intuito de minimizar ruídos e proporcionar maior confiabilidade aos resultados obtidos para as variáveis

escolhidas, procurando eliminar influências externas advindas de outras variáveis que não fazem parte deste estudo.

4.3 FATORES CONTROLÁVEIS

Os fatores controláveis, que, por definição, são um subconjunto dos parâmetros do processo que são todas as variáveis da linha de produção que podem ser alteradas e que talvez tenham um efeito sobre as variáveis de resposta e, então, os fatores controláveis são os parâmetros do processo que foram eleitos para serem estudados a vários níveis do experimento (RIBEIRO; CATEN, 2003).

Os fatores controláveis escolhidos para esta pesquisa estão apresentados na figura 18 e estão melhores descritos nos itens que se segue.

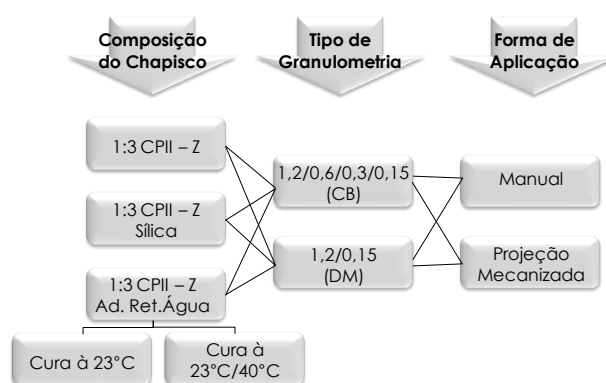


Figura 18: Fatores controláveis do programa experimental e seus níveis

A escolha do proporcionamento de 1:3 com utilização de CII-Z para a argamassa de chapisco foi baseado em um estudo anteriormente realizado, por Ruduit (2009), que constatou que os melhores resultados de resistência de aderência para os chapiscos produzidos em obra, dentre aqueles utilizados em seu estudo, foi o CII-Z 1:3 (cim:areia volume úmido). O cimento utilizado foi o mesmo empregado na confecção do substrato de concreto, cujas características podem ser visualizadas na tabela 5 do item 4.2.2.3.1 (página 71).

4.3.1 Efeito da Granulometria do Agregado na Composição do Chapisco

A granulometria é a medida do tamanho dos grãos de agregados. A determinação da composição granulométrica é feita por peneiramento, de acordo com NBR NM 248 (ABNT, 2003). De acordo com Tristão (1995), a granulometria pode ser classificada como contínua, aquela que contém todos os tamanhos de grãos, e descontínua, também conhecida como granulometria aberta, aquela em que faltam certas frações granulométricas. Segundo o mesmo autor, as granulometrias podem ser também

classificadas como bem graduadas ou mal graduadas, conforme apresente, ou não, predomínio de determinadas frações em detrimento de outras frações.

Como uma das funções do chapisco é aumentar a rugosidade da superfície sobre a qual é aplicado, uma hipótese a ser estudada é a influência da composição granulométrica do chapisco nesta tarefa. Normalmente este é composto por uma areia classificada como média ou grossa. Com o intuito de verificar a real influência desta variável na resistência dos sistemas de revestimento foi proposta a utilização, na composição do chapisco, de uma areia natural quartzosa, com duas granulometrias distintas obtidas através de peneiramento; uma classificada, segundo as definições acima citadas, como contínua e bem graduada (CB) e a outra como descontínua e mal graduada (DM). A primeira então, através de peneiramento, é composta por 4 porções de 25% das frações retidas nas peneiras 1,2, 0,6, 0,3 e 0,15 mm e, a segunda, é composta por 2 porções de 50% das frações retidas nas peneiras 1,2 e 0,15 mm.

A caracterização do agregado miúdo CB e DM, utilizados para a confecção dos chapiscos estão apresentadas na tabela 10 e tabela 11, respectivamente.

Tabela 10: Caracterização física da areia CB

GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO CHAPISCO CB (NBR NM 248/03)		
Peneira (abertura)	% retida	% acumulada
4,75mm	-	-
2,36mm	-	-
1,18mm	25	25
600µm	25	50
300µm	25	75
150µm	25	100
Módulo de finura		2,50
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/95)		1,68g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

Tabela 11: Caracterização física da areia DM

GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO CHAPISCO DM (NBR NM 248/03)		
Peneira (abertura)	% retida	% acumulada
4,75mm	-	-
2,36mm	-	-
1,18mm	50	50
600µm	-	50
300µm	-	50
150µm	50	100
Módulo de finura		2,50
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/95)		1,30g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

4.3.2 Efeito da Introdução de Sílica Ativa na Composição do Chapisco

A sílica ativa, de acordo com Dal Molin (1995), é oriunda do processo de produção das indústrias de ferrosilício e silício-metálico, onde, neste processo, o silício é produzido em grandes fornos elétricos de fusão, do tipo arco voltaico. Nestes fornos o quartzo é reduzido pelo carbono em altas temperaturas e como resultado tem-se a produção do monóxido de silício gasoso (SiO), que, ao entrar em contato com temperaturas mais baixas, se condensa, formando o dióxido de silício (SiO₂).

A sílica contribui tanto do ponto de vista físico (efeito microfíler) quanto químico (efeito pozolânico) e ambos os efeitos levam a um aumento na compacidade de concretos e argamassas, reduzindo, sensivelmente, o volume de vazios, fortalecendo a microestrutura e refinando a estrutura dos poros (HOFFMAN, 2001; SILVA, 2004; SENFF *et al.*, 2009).

Com relação ao efeito microfíler, como as partículas da sílica ativa são muito menores que as partículas do cimento, a sílica promove um preenchimento dos espaços entre os grãos de cimento e entre estes e o agregado, minimizando a porosidade e aumentando a resistência interna ao fluxo de água para a interface (SILVA, 2004). Além disso, sua finura é também responsável por agir como pontos de nucleação para os produtos de hidratação do cimento, assim, a formação dos cristais ocorrerá não somente pelos grãos de cimento mas também pelas partículas de sílica ativa, sendo que esta gera uma maior quantidade de pequenos cristais, mais resistentes, ao invés de poucos cristais de grande tamanho, menos resistentes.

O efeito pozolânico é gerado pelas partículas amorfas da sílica ativa que apresentam uma elevada área superficial e reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio Ca(OH)₂ da pasta de cimento, formando o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), que é o responsável pela resistência da pasta de cimento hidratado (SILVA, 2004).

O teor de sílica ativa acrescentado ao chapisco foi de 5%, em relação a massa do cimento. Este teor foi utilizado com base no estudo realizado por Silva (2004) onde a autora, com o objetivo de avaliar a aderência do chapisco em concretos estruturais, estudou a introdução de sílica ativa, extraída da casca de arroz, na produção do chapisco e constatou que, entre os teores utilizados neste estudo de 5% e 10%, o acréscimo de 5% de sílica, em relação a massa de cimento, levou a um aumento significativo na resistência de aderência a tração do revestimento em comparação aos chapiscos sem adição e com adição de 10% de sílica.

A sílica ativa foi utilizada com o intuito de promover uma melhoria da camada de chapisco e também a zona de interface substrato/argamassa de chapisco e, conseqüente, melhoria

na aderência do sistema de revestimento. A massa específica da sílica ativa utilizada é 2,17g/cm³ (ensaio realizado no NORIE/UFRGS).

4.3.3 Efeito da Introdução de Aditivo Retentor de Água no Chapisco

“Os aditivos retentores de água são polímeros¹⁵, usualmente utilizados na forma de solução e pós redispersíveis¹⁶ em água, que quando solúveis em água produzem um aumento considerável na viscosidade e na retenção de água dos sistemas em que são adicionados” (DO Ó, 2004).

A NBR 13529 (ABNT, 1995) cita que o aditivo retentor de água proporciona a redução da evaporação e exsudação de água da argamassa fresca e lhe confere capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.

Em alguns trabalhos anteriormente realizados, com foco na resistência de aderência de revestimentos argamassados, como Ruduit (2009), foi verificado que uma das possibilidades da ineficiência da camada de chapisco pode ser proveniente de sua pouca espessura, que a tornaria muito sensível a perda de água prematura tanto pela evaporação para o meio quanto pela absorção capilar da base. Assim, a introdução de um aditivo retentor de água na argamassa de chapisco baseia-se na idéia de minimizar os efeitos da rápida perda de água desta camada, melhorando com isso seu processo de hidratação e conseqüente melhoria da aderência do revestimento.

O aditivo retentor de água utilizado nesta pesquisa foi um aditivo polimérico derivado de celulose, e sua adição seguiu recomendações do fabricante. Os éteres de celulose são polímeros semi-sintéticos solúveis em água. Fazem parte dessa categoria, segundo Silva (2004), os polímeros metil celulose (MC), carboximetil celulose (CMC), hidroxietil celulose (HEC), metil hidroxietil celulose (MHEC) e metil hidroxipropil celulose (MHPC). Nesta pesquisa o éter de celulose utilizado foi o metil hidroxietil celulose (MHEC) (tabela 12).

Os éteres de celulose (polímeros celulósicos) em materiais à base de cimento agem principalmente na modificação da viscosidade da fase aquosa da mistura, o que afeta drasticamente a cinética da hidratação e as propriedades desses no estado fresco e como conseqüência no estado endurecido (DO Ó, 2004).

¹⁵ Polímeros são moléculas relativamente grandes, de peso molecular da ordem de 10³ e 10⁶, em cujas estruturas encontram-se repetidas unidades simples, conhecidas como mero (MANO, 1985 apud DO Ó, 2004).

¹⁶ Redispersar é o ato de poder se juntar após o espalhamento (DO Ó, 2004).

Tabela 12: Características do aditivo retentor de água

MHEC (metil hidroxietil celulose)	
Constituição	Metil Hidroxietil Celulose (MHEC)
Viscosidade	6000-10000 mPa.s
Umidade	≤ 6%
NaCl	≤ 1,5%
Tamanho das Partículas	<100 m μ : mín. 85%
Tamanho das Partículas	<63 m μ : mín. 60%
Substância Ativa	≥92,5%
Densidade de Massa	400g/L

*Dados fornecidos pelo fabricante

4.3.4 Efeito da Forma de Aplicação do Chapisco

A forma de aplicação do chapisco, como uma das variáveis controláveis deste estudo, foi escolhida devido aos bons resultados observados da aplicação mecanizada para argamassa de revestimento. Pretendeu-se, portanto, com a introdução desta variável, confirmar a hipótese que, da mesma forma que ocorre para a argamassa de revestimento, a utilização da projeção mecanizada na camada de chapisco, aumentaria a resistência de aderência do sistema de revestimento.

A aplicação do chapisco foi realizada de duas formas, sendo a primeira a aplicação manual, forma usual e que foi realizada por operário experiente com auxílio de colher de pedreiro; e a segunda forma foi a aplicação mecanizada efetuada com o auxílio de um projetor com recipiente acoplado, popularmente conhecido como “canequinha” (figura 19, a e b).



Figura 19: Formas de aplicação da argamassa de chapisco – (a) manual; (b) mecanizada

Sendo assim, a figura 20 ilustra a matriz resultante das combinações acima descritas.

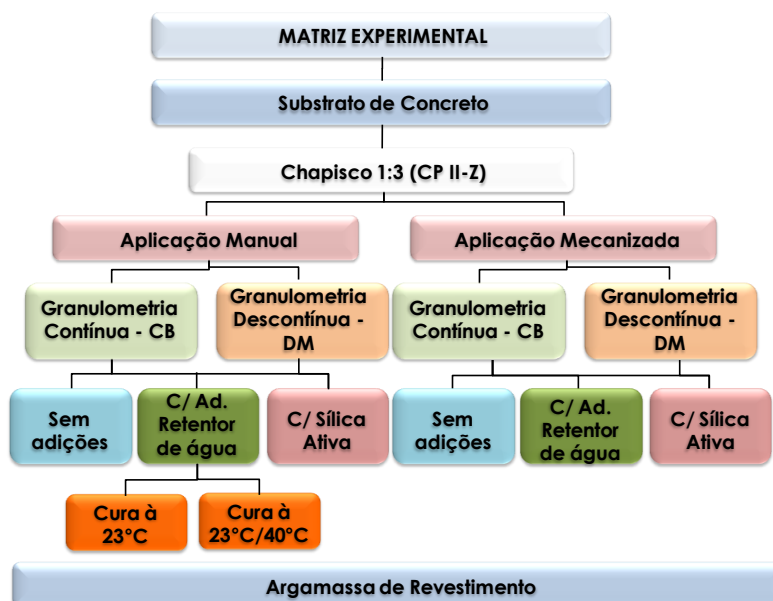


Figura 20: Matriz experimental da pesquisa

4.4 VARIÁVEIS DE RESPOSTA – ENSAIOS REALIZADOS

A variável de resposta é definida como sendo o aspecto do produto que pode ser medido e que permite quantificar as características de qualidade (RIBEIRO; CATEN, 2003).

Os ensaios realizados neste programa experimental tiveram o objetivo de analisar a resistência de aderência do sistema de revestimento e a caracterização e controle dos materiais que o compõe. Os itens a seguir estão subdivididos em caracterização e controle dos materiais, afim de caracterizar os parâmetros de cada componente do sistema de revestimento (substrato, chapisco e argamassa de revestimento); e resistência de aderência à tração e ao cisalhamento e extensão de aderência, com a finalidade de avaliar o conjunto quanto sua interação e resultante aderência do revestimento.

4.4.1 Caracterização e Controle dos Materiais

Todos os componentes dos sistema de revestimento tiveram seus materiais ensaiados para controle tecnológico, baseado em ensaios normalizados ou descritos em bibliografias pertinentes. Estes ensaios, bem como suas referências estão descritos nos itens que se seguem.

4.4.1.1 Concreto do Substrato

O concreto do substrato foi avaliado no estado fresco, através do abatimento e, no estado endurecido, pela resistência à compressão e pela absorção de água por capilaridade.

4.4.1.1.1 Estado Fresco – Abatimento

O ensaio de abatimento foi realizado no concreto, em estado fresco, e seguiu as recomendações da NBR NM 67 (1998) – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. O abatimento estipulado para esta pesquisa foi de 120mm.

4.4.1.1.2 Estado Endurecido – Resistência à Compressão

Para controle do concreto que foi produzido para confecção do substrato, foi realizado o ensaio de resistência à compressão. Conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007) – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Para este ensaio foram moldados 3 corpos-de-prova cilíndricos com diâmetro de 9,5 cm e altura de 19 cm, para cada dia de concretagem. O procedimento de moldagem destes corpos-de-prova foi realizado conforme estabelecido na NBR 5738 (ABNT, 2008) – concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.

Aos 28 dias de idade, estes foram rompidos em uma prensa hidráulica da marca Shimadzu, modelo UH2000KN, com capacidade de carga de 200 toneladas a uma velocidade de carga de 20mm/minuto no Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais (LEME/UFRGS).

4.4.1.1.3 Estado Endurecido – Absorção de Água por Capilaridade

A absorção é um mecanismo de transporte relacionado com a fixação de uma determinada substância, líquida ou gasosa, no interior de outra substância, em geral sólida, e que depende da resultante de um conjunto de ações como fenômeno de capilaridade, reações químicas e forças eletrostáticas (LEAL, 2003).

Para obter esta medida da capacidade de absorção do substrato de concreto foi realizado o ensaio descrito pela NBR 9779 (ABNT, 1995) - Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Para este ensaio foram moldados 3 corpos-de-prova cilíndricos de diâmetro de 9,5 cm e altura de 19 cm, para cada dia de concretagem. Este ensaio foi realizado aos 28 dias de idade.

4.4.1.2 Argamassa de Revestimento e Argamassa de Chapisco

A argamassa de revestimento utilizada foi caracterizada, em estado fresco, pela consistência, retenção de água, densidade e teor de ar incorporado e, em estado endurecido, pela resistência à tração na flexão e à compressão (ensaio mecânicos) e absorção de água por capilaridade. E a argamassa de chapisco foi caracterizada pelos mesmos ensaios realizados para a argamassa de revestimento e ainda quanto ao módulo de deformação dinâmico e a densidade de massa aparente (estado endurecido).

4.4.1.2.1 Estado Fresco – Consistência

Como medida de trabalhabilidade da argamassa de revestimento e do chapisco, foi realizado o ensaio que mede a consistência das mesmas. Este ensaio foi realizado conforme especificações da NBR 13276 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

4.4.1.2.2 Estado Fresco – Retenção de Água

Segundo CINCOTTO *et al.* (1995) citado por Leal (2003), a retenção de água corresponde “à capacidade da argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade, quando sujeita a solicitações que provocam perda de água (evaporação, sucção, absorção pelo componente)”.

Afim de verificar esta capacidade foi realizado o ensaio descrito pela norma NBR 13277 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Este ensaio é de grande interesse, em especial, na argamassa de chapisco para a verificação da influência das adições sobre a capacidade de reter água do mesmo.

4.4.1.2.3 Estado Fresco – Densidade e Teor de Ar Incorporado

De acordo com Do Ó (2004), densidade de massa é a relação entre a massa de um material sólido e o volume do mesmo, incluindo os vazios impermeáveis e, o teor de ar, que equivale à quantidade de ar existente em um certo volume de argamassa.

Para determinar a densidade de massa e o teor de ar incorporado na argamassa foi realizado o ensaio recomendado pela NBR 13278 (ABNT, 2005) – Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado.

Este ensaio justifica-se pois com o valor da densidade de massa da argamassa, pode-se ter uma indicação do teor de ar existente na mistura e da facilidade de aplicação que a argamassa apresenta, uma vez que quanto menor a densidade de massa, essa se apresentará mais propícia a fornecer um menor esforço para sua aplicação (ALVES, 2002; DO Ó, 2004).

4.4.1.2.4 Estado Endurecido – Resistência à Tração na Flexão e Resistência à Compressão (Ensaio Mecânicos)

O ensaio de resistência à tração na flexão consiste, juntamente com a resistência à compressão, em uma forma de avaliar a resistência mecânica do material (concreto e argamassa). Segundo Tristão (1995), apesar da resistência mecânica não ser uma

propriedade fundamental para argamassa como é para o concreto, a análise desta propriedade também em argamassas justifica-se, pois ela está relacionada a várias outras propriedades, como por exemplo, a elasticidade que interfere na durabilidade dos revestimentos de argamassa.

Os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, foram realizados conforme descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, que rege ambos os ensaios, e determina que sejam ensaiados 3 corpos-de-prova prismáticos de dimensões (4x4x16) cm. Cada corpo-de-prova foi rompido à flexão e, em seguida, as metades resultantes foram rompidas à compressão, sendo obtidos 3 valores individuais de resistência à tração na flexão e 6 valores de resistência à compressão. Estes foram rompidos, aos 28 dias, em uma prensa hidráulica da marca Shimadzu, modelo UH2000KN, com capacidade de carga de 200 toneladas no LEME/UFRGS. A velocidade utilizada para realização do ensaio de resistência à tração na flexão foi 0,05kN/seg e para resistência à compressão foi de 0,5kN/seg.

4.4.1.2.5 Estado Endurecido – Absorção de Água por Capilaridade

Para as argamassas, a validade da determinação da absorção está em relacionar esta à porosidade das argamassas, propriedade que influencia diretamente na aderência do revestimento ao substrato (MOURA, 2007).

Este ensaio foi realizado segundo as definições presentes na NBR 15259 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade, onde esta determina que sejam ensaiados 3 corpos-de-prova prismáticos com dimensões (4x4x16)cm, sendo estes ensaiados aos 28 dias.

4.4.1.2.6 Estado Endurecido – Módulo de Deformação Dinâmico

O módulo de deformação representa a capacidade que um determinado corpo tem de deformar-se, sem se romper, sob um determinado nível de tensões. Interessa, portanto, no caso de argamassas de revestimento, que elas apresentem deformabilidade compatível com as solicitações impostas, principalmente, por condições climáticas e retração (BASTOS, 2003).

Para esta pesquisa, para cada tipo de chapisco, foram moldados no dia da aplicação deste, sobre o substrato de concreto, 3 corpos-de-prova circulares com aproximadamente 10 cm de diâmetro, e 2,5 cm de altura e que foram ensaiados aos 28 dias. Este ensaio foi realizado pelo método de emissão de pulsos ultra-sônicos, o qual consiste na

determinação da velocidade de propagação da onda através da altura do corpo-de-prova de argamassa.

Obtida a velocidade, esta é utilizada para o cálculo do módulo de deformação dinâmico, através de fórmula apresentada pela NBR 15630 (ABNT, 2008), abaixo representada:

$$Ed = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}{1 - \mu}$$

Onde Ed corresponde ao módulo de deformação dinâmico, em MPa, V a velocidade do pulso, em mm/ μ s, ρ a densidade do corpo-de-prova, em kg/m³, e μ ao Coeficiente de Poisson que pela norma NBR 15630 (ABNT, 2008) corresponde ao valor de 0,2.

4.4.1.2.7 Estado Endurecido – Densidade de Massa Aparente

O ensaio para determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido foi executado conforme a NBR 13280 (ABNT, 2005) - Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Para este ensaio a norma define a moldagem de 3 corpos-de-prova prismáticos de (4x4x16)cm.

Como este ensaio é não-destrutivo (o procedimento de ensaio restringe-se a registrar as dimensões e massa dos corpos-de-prova) e as demais prescrições, como condições de cura e idade de ruptura, são idênticas às prescrições da norma de determinação da absorção de água por capilaridade, foi então possível a utilização dos mesmos corpos-de-prova para ambos os ensaios. Sendo assim, foi realizado, instantes antes do início do ensaio de absorção de água, o registro das dimensões dos corpos-de-prova sendo estas duas medidas de altura (em diferentes posições), e dos lados (em duas posições e em três diferentes alturas: inferior, média e superior).

Na figura 21 encontra-se o resumo dos ensaios realizados para caracterização e controle dos componentes do sistema de revestimento.

Substrato de Concreto	Ensaio de abatimento de tronco – NBR NM 67 (1998)	
	Ensaio de resistência à compressão – NBR 5739 (2007)	
	Ensaio de absorção por capilaridade – NBR 9779 (1995)	
Argamassa de Revestimento	Ensaio de consistência – NBR 13276 (2005)	
	Ensaio de retenção de água – NBR 13277 (2005)	
	Ensaio de densidade e teor de ar incorporado – NBR 13278 (2005)	
	Ensaio de resistência à tração na flexão – NBR 13279 (2005)	
	Ensaio de resistência à compressão – NBR 13279 (2005)	
	Ensaio de absorção de água por capilaridade – NBR 15259 (2005)	
Argamassa de Chapisco	Ensaio de consistência – NBR 13276 (2005)	
	Ensaio de retenção de água – NBR 13277 (2005)	
	Ensaio de densidade e teor de ar incorporado – NBR 13278 (2005)	
	Ensaio de resistência à tração na flexão – NBR 13279 (2005)	
	Ensaio de resistência à compressão – NBR 13279 (2005)	
Ensaio de absorção de água por capilaridade – NBR 15259 (2005)		
Ensaio de densidade de massa – NBR 13280 (2005)		
Ensaio de módulo de deformação dinâmico – NBR 15630 (2008)		

Figura 21: Resumo dos ensaios de caracterização e controle dos componentes do sistema de revestimento

4.4.2 Resistência de Aderência à Tração

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado conforme NBR 13528 (ABNT, 2010) – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Determinação da resistência de aderência à tração, e visou descobrir qual a tensão máxima suportada por um corpo-de-prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração. Para a realização do ensaio, a norma determina que sejam ensaiados 12 corpos-de-prova de seção circular, com diâmetro de 5cm, colados a superfície de revestimento e arrancados com equipamento de tração específico.

Para esta pesquisa, o equipamento de tração utilizado foi um aderímetro digital, com velocidade de carga regulável e constante, dispositivo de leitura de carga, registrada em kgf, e esforço de tração aplicado perpendicularmente à pastilha.

Cada “mini-parede” permite a extração de 6 corpos-de-prova descrito acima, respeitando-se os espaçamentos, prescritos em norma, entre corpos-de-prova e entre estes e as bordas dos prismas. Sendo então necessários 2 corpos-de-prova prismáticos por combinação proposta. O ensaio de arrancamento foi realizado após 28 dias de aplicada a argamassa de revestimento.

4.4.3 Resistência de Aderência ao Cisalhamento

O ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento foi realizado em corpos-de-prova semelhantes aos descritos acima, para o ensaio de resistência de aderência à tração, e seus prazos de execução foram os mesmos. O ensaio de resistência ao cisalhamento foi realizado através de uma adaptação do equipamento utilizado para o ensaio de resistência de aderência à tração, confeccionado no laboratório NORIE/UFRGS, para este fim. Para o ensaio de resistência de aderência à tração o equipamento que realiza o arrancamento é acoplado de forma a exercer uma força perpendicular ao revestimento, uma força de tração. Já na adaptação realizada para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento foi confeccionado um aparato que possibilitou o acoplamento deste equipamento de forma que este passasse a exercer uma força paralela ao revestimento, uma força cisalhante. Este ensaio não possui referência normativa, mas visou avaliar a tensão máxima suportada pelo corpo-de-prova quando submetido a um esforço de cisalhamento. Para tal, da mesma forma que para o ensaio de resistência de aderência à tração, foram confeccionados 2 prismas, sendo que, para cada um, foi possível o arrancamento de 6 corpos-de-prova circulares de 5cm de diâmetro, realizado quando a argamassa de revestimento tinha 28 dias de aplicada.

O processo de uso consiste em adaptar um dispositivo de aço ao corpo-de-prova, previamente serrado, tomando-se o cuidado para que o mesmo fique em nível, onde, com a ajuda do aderímetro, este exerce uma força perpendicular ao revestimento, uma força cisalhante, até o rompimento dos corpos-de-prova. O processo de uso bem como a descrição detalhada do equipamento esta melhor descrito em Stolz (2011)¹⁷.

4.4.4 Extensão de Aderência - Lupa Estereoscópica

O ensaio com a lupa estereoscópica, modelo TA-0124 XS OPTON e software HDCE-10A de uso em conjunto foi utilizado para avaliar, através da análise de imagens, a extensão de aderência nas interfaces substrato/chapisco e chapisco/argamassa de revestimento que, segundo Antunes (2005), é a razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida, ou seja, é o grau de contato entre os componentes do sistema. Esta análise buscou avaliar, visualmente, de forma ampliada, as possíveis causas dos resultados obtidos para os ensaios de resistência de aderência nas diferentes configurações propostas para estudo. Para tal, foram extraídos corpos-de-prova, com auxílio de serra circular, das “mini-paredes” e estes foram verificados quanto à conformação resultante das interfaces do revestimento para cada uma das soluções propostas. A figura 22 apresenta o resumo dos ensaios realizados para a avaliação do sistema de revestimento.

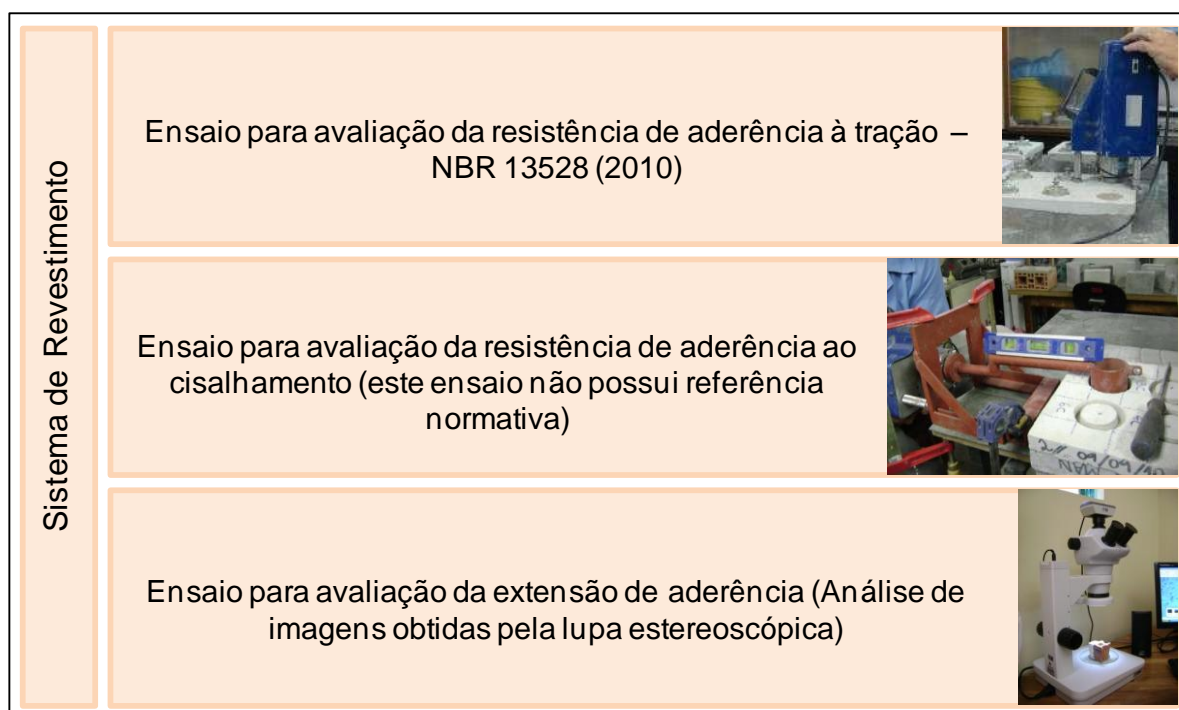


Figura 22: Resumo dos ensaios realizados para avaliação do sistema de revestimento

¹⁷ Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento. Dissertação em desenvolvimento no NORIE/UFRGS.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos para os ensaios realizados, bem como as análises feitas através destes dados. A apresentação desta análise está dividida em: uma análise de cada elemento do sistema (substrato, argamassa de chapisco, argamassa de revestimento) e, por fim, as análises correspondentes aos ensaios realizados para a avaliação do sistema de revestimento. Cabe lembrar que o substrato de concreto e a argamassa de revestimento durante todo o programa experimental foram mantidos constantes, ou seja, embora façam parte do sistema de revestimento, estes não são responsáveis diretos pela diferença de resultados obtidos, sendo então apenas caracterizados para efeito de conhecimento de suas propriedades.

5.1 SUBSTRATO DE CONCRETO

Os resultados dos ensaios realizados de caracterização e controle do concreto estão apresentados nos subitens abaixo.

5.1.1 Abatimento e Densidade de Massa

A tabela 13 apresenta a média e desvio padrão encontrado para os concretos produzidos para esta pesquisa.

Tabela 13: Abatimento médio do concreto do substrato

Abatimento (mm)	
Média	121
Desvio Padrão	19

Também no estado fresco foi realizado o ensaio para a obtenção da densidade de massa do concreto. Sua média e desvio padrão encontram-se na tabela 14.

Tabela 14: Densidade de massa média do concreto

Densidade de Massa (kg/m ³)	
Média	2357
Desvio Padrão	11

A densidade de massa do concreto bem como o abatimento de tronco de cone foram realizados em todas as concretagens, como um parâmetro de controle do mesmo, sendo possível através dos resultados encontrados verificar a constância do concreto.

5.1.2 Resistência à Compressão Simples

Na tabela 15 encontram-se a resistência à compressão média e o desvio padrão do concreto confeccionado para o substrato, nas diversas betonadas.

Tabela 15: Resistência à compressão média do concreto do substrato, aos 28 dias

Resistência à Compressão (MPa)	
Média	37,68
Desvio Padrão	2,10

Em vistas a obter maior precisão do valor apresentado, como correspondente de resistência do concreto, foi realizado um tratamento dos dados para retirada de valores considerados espúrios. Os valores tidos como espúrios são aqueles que ficaram fora do intervalo entre a média mais um desvio padrão e a média menos um desvio padrão. Este tratamento foi realizado para cada amostra e com os valores resultantes foi calculada a média final. O apêndice A apresenta todos os valores individuais, médias e desvios por grupo.

Observa-se na tabela 15, através do desvio padrão obtido, uma pequena variabilidade nos resultados, onde esta pode ter ocorrido em função da diferença de temperatura e umidade do ambiente onde a mistura foi executada, uma vez que o mesmo não possuía condições de temperatura e umidade controladas.

5.1.3 Absorção de Água por Capilaridade

A capacidade de absorção de água média e o desvio padrão, após a retirada de valores espúrios, através do mesmo critério adotado para a resistência à compressão, encontrados para o concreto estão presentes na tabela 16. No apêndice B, encontram-se os valores individuais, valores de média e desvio padrão por amostra e apresenta a média final e desvio padrão entre médias parciais.

Tabela 16: Absorção de água por capilaridade média do concreto, aos 28 dias

Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)	
Média	0,42
Desvio Padrão	0,14

Os ensaios de caracterização e controle do concreto foram realizados para que fosse possível verificar a constância do substrato utilizado.

5.2 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

A argamassa utilizada foi, também, uma argamassa padrão. Nos itens seguintes são apresentados os resultados para caracterização e controle da argamassa utilizada.

5.2.1 Consistência

A consistência resultante da argamassa foi obtida pela média das medidas realizadas para este ensaio nas 20 argamassadas produzidas ao decorrer desta pesquisa, nos diferentes dias de aplicação, sempre com mesmo traço e sempre com a utilização de 0,2% de aditivo incorporador de ar (base vegetal). A tabela 17 apresenta o valor médio e desvio padrão encontrado para a consistência da argamassa de revestimento.

Tabela 17: Índice de consistência médio da argamassa de revestimento

Consistência da Argamassa (mm)	
Média	272,0
Desvio Padrão	8,7

5.2.2 Retenção de Água

Como a argamassa de revestimento utilizada foi sempre a mesma, o ensaio de retenção de água foi realizado em duas repetições, estas e a média são apresentadas na tabela 18.

Tabela 18: Retenção de água média da argamassa de revestimento

Retenção de Água (%)	
Amostra 1	84,61
Amostra 2	84,55
Média	84,58

O valor médio de 84,58% de retenção de água encontrado para a argamassa utilizada nesta pesquisa encontra-se dentro do esperado. Esta retenção pode ser explicada citando Do Ó (2004), que estudou a influência do aditivo incorporador de ar na retenção de água das argamassas. O referido autor manteve fixo o traço 1:4 (cim:areia seca, em volume) e variou de 0,0125% à 0,05% o teor de aditivo, e obteve uma retenção de água em torno de 63%, não encontrado diferenças significativas da menor para a maior quantidade de aditivo usada. Além destas, Do Ó trabalhou com duas argamassas mistas para comparar as argamassas produzidas com o aditivo incorporador de ar, sendo estas com traço, em volume seco, de 1:0,27:5,4 e 1:0,54:5,1 (cim:cal:areia) e obteve uma retenção de água de 73% e 79%, respectivamente.

Tendo em vista que nesta pesquisa além do aditivo incorporador de ar a argamassa de revestimento utilizada foi uma argamassa mista, com maior teor de cal do que as usadas pelo referido autor, sendo na proporção de 1:0,66:6,77 (cim:cal hidratada:areia seca, em volume) o valor encontrado para a retenção de água acima da encontrada por Do Ó (2004) é coerente.

5.2.3 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

O ensaio para obtenção da densidade de massa e o teor de ar incorporado foi realizado em todas as argamassadas. Na tabela 19 estão apresentados o valor médio e desvio padrão encontrados para a densidade de massa da argamassa utilizada.

Tabela 19: Densidade de massa média da argamassa de revestimento

Densidade de Massa (kg/m ³)	
Média	1921
Desvio Padrão	16

Com relação a densidade de massa encontrada de 1921 kg/m³, acredita-se estar coerente uma vez que, segundo Alves (2002), para uma mesma quantidade de cimento, o aumento da aditivo incorporador de ar gera uma redução na densidade de massa da mistura. Este encontrou para um traço, em volume, de 1:4 (cim:areia seca), variando 0,0125%, 0,025% e 0,05% de aditivo incorporador de ar, densidades de, respectivamente, 1790kg/m³, 1700Kg/m³ e 1660Kg/m³. Já Moura (2007), obteve valor médio de densidade de massa, para uma de suas argamassas convencionais, sendo esta mista com traço, em volume com areia seca, 1:1:5,5 (cim:cal:areia), sem adição de aditivo incorporados de ar, o valor de 2020 kg/m³. Ou seja, possivelmente, a partir das informações acima, a introdução de aditivo incorporador reduz a densidade de massa e a introdução de cal aumenta a densidade de massa. Tendo em vista que a argamassa utilizada nesta pesquisa foi uma argamassa mista e com a introdução do aditivo incorporador, este valor obtido, intermediário aos acima apresentados, mostrou-se coerente.

A partir dos valores encontrados para densidade de massa é possível calcular os valores de teor de ar incorporado. A tabela 20 apresenta o valor médio e o desvio padrão para o teor de ar incorporado da argamassa de revestimento.

Tabela 20: Teor de ar incorporado, por amostra, da argamassa de revestimento

Teor de Ar Incorporado (%)	
Média	9
Desvio Padrão	1

Do Ó (2004) verificou que para um traço padrão de argamassa 1:4 (cim:areia seca, em volume), variando a quantidade de aditivo incorporador de ar em 3 porções de 0,0125%, 0,025% e 0,05%, sobre a massa de cimento, o valor de ar incorporado aumenta a medida que aumenta a quantidade de aditivo presente na mistura, obtendo 18%, 24% e 26% de ar incorporado para, respectivamente, 0,0125%, 0,025% e 0,05%. Ainda, citando Moura (2007) que obteve em torno de 4% de ar incorporado na argamassa mista utilizada em sua pesquisa 1:1:5,5, sem aditivo incorporador de ar. Pode-se verificar que, o aditivo

incorporador gera um aumento de ar incorporado e a cal uma redução do mesmo. Sendo, aparentemente, coerente o valor obtido para a argamassa utilizada nesta pesquisa, mista e com incorporador de ar, um valor de 9% que é intermediário aos mencionados nas pesquisas citadas.

5.2.4 Resistência à Tração na Flexão

A resistência à tração na flexão, realizado para cada argamassada, após a conferência de valores espúrios (são aqueles em que o desvio absoluto¹⁸ é superior a 0,30MPa) está presente na tabela 21, bem como o desvio padrão encontrado para este ensaio. No apêndice C encontram-se os valores individuais, média e desvio padrão por amostra.

Tabela 21: Resistência à tração na flexão média da argamassa de revestimento, aos 28 dias

Resistência à Tração na Flexão (MPa)	
Média	2,26
Desvio Padrão	0,27

Tendo esta argamassa um traço rico (1:1:4, em volume, areia úmida) foram obtidos valores de resistência à tração na flexão superiores aos encontrados por outros autores. Rudit (2009) utilizou, em seu estudo, uma argamassa de revestimento com traço, em volume, de 1:1:6 (cim:cal:areia, CPIV) encontrando como resistência à tração na flexão média desta argamassa 1,90MPa. Isto se deve a menor quantidade de cimento presente em seu traço. Outro autor a utilizar traços mistos em seu estudo foi Araújo Jr. (2004), este encontrou para quatro diferentes traços de argamassas convencionais (cim:cal:areia) resistências de 0,61MPa, 0,93MPa, 1,07MPa e 1,17MPa, sendo todos traços mais pobres do que o utilizados nesta pesquisa, tendo seu traço mais rico uma proporção de 1:1,06:8,97, em massa.

5.2.5 Resistência à Compressão

A resistência à compressão obtida é resultante da média de 6 valores individuais, por amostra de argamassa de revestimento ensaiada.

A tabela 22 apresenta o valor da média e do desvio padrão, após a análise dos valores individuais e exclusão dos valores não representativos. No apêndice D encontra-se a tabela completa com valores individuais, média e desvio padrão das amostras.

¹⁸ Desvio absoluto, segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005), é a diferença entre cada resistência individual e a resistência média.

Tabela 22: Resistência à compressão média da argamassa de revestimento, aos 28 dias

Resistência à Compressão (MPa)	
Média	5,01
Desvio Padrão	0,53

Da mesma forma que a resistência à tração na flexão, por se tratar de uma argamassa rica, os valores de resistência à compressão encontrados foram também valores altos. Sendo seu comportamento equivalente ao apresentado para resistência à tração na flexão. Dubaj (2000) em sua dissertação avaliou 6 diferentes traços de argamassa, entre estas, 3 convencionais e 3 industrializadas. O traço 1:1:6 (cim:cal:areia, em volume, areia úmida), que é o traço que mais se aproxima ao traço utilizado nesta dissertação, a resistência à compressão média foi de 3,99MPa, ou seja, o resultado obtido para resistência à compressão confirma o anterior afirmado que, por se tratar de um traço com alta quantidade de cimento, o valor encontrado é superior aos valores encontrados para traços mais pobres utilizados por outros autores. Vale salientar que o corpo-de-prova utilizado por Dubaj (2000), para avaliar a resistência à compressão, foi cilíndrico com diâmetro de 5cm e altura de 10cm, enquanto nesta pesquisa foi utilizado corpos-de-prova prismáticos de 4x4cm de lado.

5.2.6 Absorção de Água por Capilaridade

A tabela 23 apresenta a média e o desvio padrão encontrados para a absorção de água por capilaridade da argamassa de revestimento, após a análise dos valores individuais. O apêndice E contém a tabela com os valores individuais, média e desvio padrão das amostras.

Tabela 23: Absorção de água por capilaridade média da argamassa de revestimento, aos 28 dias

Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)	
Média	0,70
Desvio Padrão	0,14

Observa-se que os valores encontrados para a absorção de água por capilaridade das amostras mantiveram-se constantes. Além disso, mesmo com a utilização de um aditivo incorporador de ar, por possuir alta quantidade de cimento a absorção média foi baixa, isso pode ser confirmado comparando o valor médio encontrado com o valor médio obtido por Moura (2007), que, para uma de suas argamassas de revestimento, sendo esta mista com traço, em volume, de 1:1:5,5 (cim:cal:areia seca, CPIV), o valor encontrado foi de 1,10g/cm².

A escolha por uma argamassa com alto teor de aglomerante se deu pela necessidade de que a mesma não representasse um elo fraco no sistema de revestimento, uma vez que, o

estudo pretendeu priorizar a avaliação da argamassa de chapisco e suas interfaces. Tendo, então, uma argamassa de revestimento rica a probabilidade de rompimento na mesma diminuiria consideravelmente.

5.3 CAMADA DE PREPARO (CHAPISCO)

Neste item estão apresentados os ensaios de caracterização e controle das argamassas de chapisco, bem como as discussões pertinentes aos resultados encontrados para as combinações estudadas. Para avaliar o comportamento da aderência de revestimentos de argamassa foram propostas algumas combinações que alteravam a composição do chapisco. Estas alterações foram usadas para que houvesse uma melhoria na própria argamassa de chapisco, assim como pudessem melhorar a interface entre esta e o substrato e entre esta e a argamassa de revestimento.

5.3.1 Dosagem da Água da Argamassa de Chapisco

A primeira etapa desta pesquisa, após estarem definidas as variáveis de resposta, foi a dosagem da quantidade de água do chapisco. Como o traço do chapisco utilizado já havia sido definido com base em um estudo anterior (RUDUIT, 2009), 1:3 (cimento:areia úmida, em volume), com cimento CII-Z, tendo os valores de massa unitária dos materiais que o compõe e utilizando o valor de inchamento da areia de 29%, obteve-se o traço em massa para os diferentes tipos de chapisco. A partir disso, passou-se então a determinação da quantidade de água. Optou-se por realizar uma dosagem ótima, através da areia CB (contínua e bem graduada), aplicação manual, e aplicar o mesma relação água/cimento para todas as combinações de argamassa de chapisco. Esta medida de água foi realizada com o auxílio de um funcionário experiente na aplicação de chapisco. A água foi acrescentada à mistura até que o funcionário, através de aplicações experimentais sucessivas, informasse que o chapisco estava em ótima consistência para a aplicação. Com a quantidade de água acrescentada foi calculado o valor da relação água/cimento tornando-se o traço de referência. As tabelas 24 e 25 apresentam, respectivamente, os traço referência para a granulometria CB e granulometria DM (descontínua e mal graduada), utilizando o mesma relação água/cimento.

Tabela 24: Proporcionamento da argamassa de chapisco CB

Traço Volume		a/c	Traço em Massa		Quantidade de Material (g)					
					cim	areia CB				água
cim	a	cim	areia	1,2		0,6	0,3	0,15		
1	3	0,93	1	4,83	1510	1824	1824	1824	1824	1400

Tabela 25: Proporcionamento da argamassa de chapisco DM

Traço Volume		a/c	Traço em Massa		Quantidade de Material (g)					
cim	a		cim	areia	cim	areia DM				água
						1,2	0,6	0,3	0,15	
1	3	0,93	1	3,73	1510	2825	-	-	2825	1400

A partir dos traços apresentados, os mesmos foram modificados afim de introduzir as combinações propostas para este estudo, mantendo-se constante a relação água/cimento. A tabela 26 ilustra a composição das combinações da argamassa de chapisco que foram estudadas com os valores dos materiais utilizados, em gramas.

Tabela 26: Resumo das Composições das argamassas de chapisco

Materiais	Tipo de Argamassa de Chapisco					
	CB	CB c/ Sílica***	CB c/ Ad. Retentor de Água	DM	DM c/ Sílica	DM c/ Ad. Retentor de Água
Cimento CII-Z (g)	1510	1510	1510	1510	1510	1510
Areia (g)	7296	7296	7296	5650	5650	5650
Água (g)	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Sílica (g)*	-	75,5	-	-	75,5	-
Ad. Retentor de Água (g)**	-	-	3,78	-	-	3,78

* 5% de Sílica sobre a massa de cimento.

** 0,25% de Ad. Retentor de Água sobre a massa de cimento.

*** Nesta combinação, para melhor dispersão da sílica, foi utilizado 2,98g de superplastificante.

Cada uma destas combinações teve aplicação manual e aplicação mecanizada. A aplicação mecanizada foi realizada uma única vez para cada combinação (resultando em 12 corpos-de-prova para o ensaio de resistência de aderência à tração e 12 para ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento) e para a aplicação manual foram feitas duas repetições para cada combinação (resultando em 24 corpos-de-prova para o ensaio de resistência de aderência à tração e 24 para ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento). A duplicidade de ensaios realizados para as combinações com aplicação manual foi realizada com intuito de obter maior quantidade de dados para uma análise mais precisa das influências das modificações propostas para a composição do chapisco no sistema de revestimento.

5.3.2 Consistência

A consistência média obtida, para os diferentes tipos de chapisco, está presente na tabela 27.

Tabela 27: Consistência média para as argamassas de chapisco

Consistência (mm)	
Tipo de Chapisco	(mm)
CB	338
CB c/ Sílica	343
CB c/ Ad. Ret de Água	242
DM	fluida
DM c/ Sílica	fluida
DM c/ Ad. Ret de Água	284

Como a granulometria DM mostrou-se extremamente fluida, para as combinações DM e DM com sílica não foi possível obter uma medida de espalhamento. No entanto, a adição do retentor de água provocou uma grande mudança na fluidez das argamassas, sendo, então, possível a medida de espalhamento para granulometria DM com aditivo retentor de água. Os resultados de consistência obtidos para os chapiscos foram perceptíveis empiricamente, onde, os chapiscos com maior consistência tiveram uma maior reflexão e uma tendência maior de escorrer ao ser aplicados no substrato.

Outra importante observação diz respeito ao maior espalhamento encontrado para a combinação de CB com sílica se comparado ao CB sem adição, isto ocorreu porque foi utilizado, nesta combinação, um aditivo superplastificante à base de éter policarboxílico, para auxiliar na dispersão da sílica impedindo que a mesma se aglomerasse e não se misturasse adequadamente na mistura, uma vez que era desejado manter a relação água/cimento fixa. Foi acrescentado 0,2% sobre a massa de cimento. O uso de aditivo superplastificante, quando acrescentada sílica ativa ao chapisco, foi realizado também por Silva (2004). Segundo a autora o uso de aditivo superplastificante promove a lubrificação entre as partículas sem que seja necessário o acréscimo de mais água à mistura para manter mesma consistência.

5.3.3 Retenção de Água

O ensaio de retenção de água dos diferentes chapiscos foi realizado no CIENTEC/RS. A tabela 28 apresenta os valores encontrados de retenção de água para cada combinação da argamassa de chapisco.

Tabela 28: Retenção de água para as argamassas de chapisco

Retenção de Água (%)*	
Tipo de Chapisco	(%)
CB	88
CB c/ Sílica	87
CB c/ Ad. Ret de Água	93
DM	86
DM c/ Sílica	81
DM c/ Ad. Ret de Água	86

* Ensaio realizado no CIENTEC

Pela tabela 28, primeiramente é possível perceber que a granulometria tipo CB apresentou maiores valores de retenção do que a granulometria DM, o que era esperado, pois, de acordo com Carneiro (1999), este fato ocorre porque o uso de agregados com distribuição contínua (caso do CB) promove um aumento na retenção de água da mistura, isto devido parte da água de amassamento ser retida pelo agregado, seja por absorção superficial ou por aprisionamento entre os vazios formados, este resultado demonstra a importância da distribuição do agregado utilizado na camada de chapisco, o que nem sempre é levado em consideração na hora de sua utilização. Ainda, para a granulometria tipo CB, a introdução de aditivo retentor de água às argamassas de chapisco causou um aumento na retenção de água o que também era esperado e, quanto a introdução de sílica ativa, no teor acrescentado, não pareceu modificar a capacidade de retenção de água.

Com relação a granulometria do chapisco tipo DM, este apresentou valores de retenção inferior ao do chapisco tipo CB, entretanto, era esperado que a retenção de água fosse menor, com valores mais próximos a DM com sílica. Este resultado seguiria o padrão encontrado pela granulometria CB, ou seja, CB sem adição e CB com sílica semelhantes e com valor de retenção de água menor do que CB com aditivo retentor de água. Ainda, segundo Do Ó (2004), argamassas com alto teor de água, caso do DM sem adição, possuem menor capacidade de retenção de água, uma vez que esta água em excesso é perdida rapidamente por sucção do substrato ou evaporação. Sendo assim, considerando o comportamento apresentado pelo chapisco CB e também pelo comportamento visto pelo DM com sílica e DM com aditivo retentor de água (que seguiram o padrão da argamassa de chapisco CB), o chapisco DM sem adições teve uma retenção de água acima da esperada.

A retenção de água é uma propriedade de extrema importância para a adequada aderência de um revestimento argamassado. Isto porque, a argamassa deve possuir capacidade de reter a água até a completa formação dos produtos de hidratação do cimento, uma vez que esta não consiga, perdendo água prematuramente seja por sucção para o substrato ou por evaporação para o meio ambiente, a incompleta reação de

hidratação do cimento pode enfraquecer a camada de argamassa, bem como a interface entre esta e o substrato prejudicando a aderência do revestimento.

O tratamento estatístico não foi possível uma vez que não houve repetições no ensaio, não permitindo com isso a análise de variância (ANOVA).

5.3.4 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

Os resultados médios das 3 repetições realizadas do ensaio de densidade de massa, realizado pelo método gravimétrico, está apresentado na tabela 29.

Tabela 29: Densidade média em estado fresco das argamassas de chapisco

Densidade em Estado Fresco (kg/m ³)		
Tipo de Chapisco	Média	Desvio Padrão
CB	2188	6
CB c/ Sílica	2198	23
CB c/ Ad. Ret de Água	2093	26
DM	2147	46
DM c/ Sílica	2174	6
DM c/ Ad. Ret de Água	2129	6

Os valores médios encontrados para densidade de massa, em estado fresco, dos chapisco foram inseridos em um programa estatístico, STATÍSTICA 7, para uma análise de variância (ANOVA), considerando um nível de significância de 5%, afim de verificar se as variáveis utilizadas representavam mudanças significativas aos resultados. A tabela 30 apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas ao chapisco na densidade de massa em estado fresco, onde pode-se verificar que apenas as adições tiveram influência significativa.

Tabela 30: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	334	0,7	0,435703	NS
Adições	2	7211	14,5	0,002176	S
Granulometria*Adições	2	1864	3,8	0,070854	NS
Erro	8	497			

Através da análise realizada pôde-se constatar que, embora através da tabela 29 a variação da granulometria da areia do chapisco mostre diferenças nos resultados obtidos para o ensaio de densidade de massa, através da análise estatística, esta variável não foi capaz de causar alterações significativas nos valores.

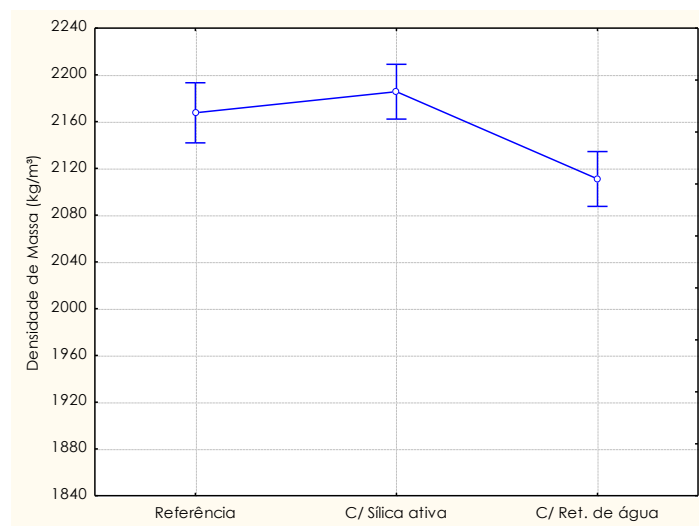


Figura 23: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco

Pela figura 23 nota-se que a inserção de aditivo retentor de água promove um decréscimo na densidade de massa do chapisco se comparado aos demais. Este comportamento pode ser explicado porque a adição de retentor de água promove na mistura uma diminuição na fluidez e um aumento do teor de ar incorporado, comprovado por Do Ó (2004), citando Mailvaganam (1984)¹⁹ e Ohama (1984)²⁰, que afirmam que o aumento de viscosidade (diminuição na fluidez) proporciona um aumento de ar incorporado durante a mistura devido à ação tensoativa dos éteres de celulose, que reduzem a tensão superficial da água na mistura, logo diminui a densidade da mistura.

Além disso nota-se que entre o grupo de chapisco de referência e o grupo com adição de sílica ativa não parece haver mudanças significativas, no entanto, entre estes e as combinações que utilizaram aditivo retentor de água há diferença. Para comprovar esta colocação foi realizada uma análise de variância comparando-se somente os valores de referência com os valores das combinações com a introdução de sílica ativa e outra somente com os valores dos chapiscos referência e as combinações com uso de aditivo retentor de água. As tabelas 31 e 32 apresentam, respectivamente, as respostas encontradas para a análise da variância resultante da introdução da sílica e análise de variância resultante da introdução do aditivo retentor de água no chapisco.

¹⁹ MAILVAGANAM, N.P. Miscellaneous admixtures. In: RAMACHANDRAN, V.S. (Ed.). **Concrete Admixtures Handbook**. New Jersey: Noyes Publications, 1984, Cap.9, p.480- 557.

²⁰ OHAMA, Y. Polymer-modified mortars and concretes. In: RAMACHANDRAN, V.S. (Ed.). **Concrete Admixtures Handbook**. New Jersey: Noyes Publications, 1984, Cap.7, p.337-429.

Tabela 31: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na densidade de massa das argamassas de chapisco

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	234	0,10	0,781623	NS
Uso de Sílica	1	2914	1,25	0,380316	NS
Granulometria*Uso de Sílica	1	154	0,07	0,821364	NS
Erro	2	2337			

Através da tabela 31 é possível afirmar que a introdução de sílica ativa, na proporção de 5% sobre a massa de cimento, não foi capaz de causar efeito significativo na densidade de massa do chapisco.

Tabela 32: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na densidade de massa das argamassas de chapisco

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	4	0,0	0,901232	NS
Uso de Ad. Retentor de Água	1	5764	27,8	0,034126	S
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	1564	7,5	0,110896	NS
Erro	2	207			

Já, a inserção de aditivo retentor de água na proporção de 0,25%, sobre a massa de cimento, causa uma queda significativa nesta propriedade, vista na tabela 32 e pela figura 24.

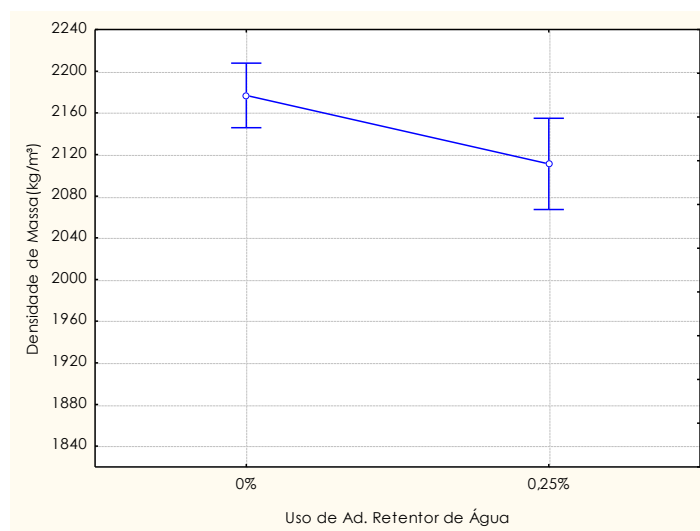


Figura 24: Influência da introdução de aditivo retentor de água sobre a densidade de massa, em estado fresco, das argamassas de chapisco

Com o valor obtido para a densidade de massa é possível encontrar o valor de ar incorporado (tabela 33) para os chapiscos, conforme descreve a norma acima citada.

Tabela 33: Teor de ar incorporado médio das argamassas de chapisco, método gravimétrico

Teor de Ar Incorporado (%)	
Tipo de Chapisco	Média
CB	-
CB c/ Sílica	-
CB c/ Ad. Ret de Água	3
DM	-
DM c/ Sílica	-
DM c/ Ad. Ret de Água	-

No entanto, não foi possível calcular o teor de ar incorporado na mistura, com exceção da argamassa CB com aditivo retentor de água, pois, as argamassas de chapisco apresentaram-se bastante fluidas (água livre excedente). Somente a argamassa de chapisco CB com adição de aditivo retentor de água apresentou valores de ar incorporado, isto porque, a introdução do aditivo provocou uma grande diferença na fluidez desta, diminuindo-a. A mudança ocorrida nos chapiscos após acrescentar aditivo retentor de água foi mais perceptível no chapisco tipo CB pois o mesmo possuía menor quantidade de água livre na mistura, mesmo com a utilização de mesma relação água/cimento para ambas as granulometrias, por possuir uma granulometria contínua e bem graduada, o chapisco tipo CB requer mais água para envolver suas partículas do que o chapisco tipo DM, para uma dada consistência considerada adequada, tornando-se de difícil manuseio.

Quanto a não ocorrência de ar incorporado nas argamassa de chapiscos, esta foi também relatada por Moura (2007), que realizou seu estudo com 3 argamassas de chapisco, uma convencional com traço 1:3 (cim:areia, em volume) e 2 industrializadas, sendo que para convencional não obteve valores de ar incorporado. Isso pode ser explicado pela alta relação água/cimento, característica comum para as argamassas de chapisco.

Como forma de tentar melhor descrever o teor de incorporado, optou-se por realizar este ensaio, novamente, através de outro método, método pressiométrico (tabela 34), contido na norma NBR NM 47 (2002).

Tabela 34: Teor de ar incorporado médio das argamassas de chapisco, método pressiométrico

Teor de Ar Incorporado (%)	
Tipo de Chapisco	Média
CB	1,5
CB c/ Sílica	1,6
CB c/ Ad. Ret de Água	4,1
DM	0,3
DM c/ Sílica	0,6
DM c/ Ad. Ret de Água	1,2

A análise por este outro método mostrou uma maior sensibilidade e, através deste, foi possível verificar que, primeiramente, o ar incorporado é maior para as combinações de

chapisco com granulometria CB do que DM. Este resultado não era esperado e, possivelmente ocorreu porque a granulometria DM possui maior quantidade de água excedente na mistura o que pode ter preenchido os vazios entre as partículas, sendo que após este excedente de água evaporar, confirmado pelo ensaio de densidade de massa em estado endurecido, a densidade de massa para a granulometria CB é maior do que para a granulometria DM.

Segundo, entre as combinações sem adições e com adição de sílica ativa, a incorporação de ar, em estado fresco, não possui uma grande diferença, e que ao acrescentar o aditivo retentor de água, o ar incorporado aumenta consideravelmente, comprovando o anteriormente mencionado por Do Ó (2004).

5.3.5 Resistência à Tração na Flexão

A resistência à tração na flexão média obtida para as argamassas de chapisco, após retirada dos valores espúrios encontram-se, juntamente com desvio padrão obtido, na tabela 35. Os valores individuais, médias e desvios encontram-se no apêndice F.

Tabela 35: Resistência à tração na flexão média das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Resistência à Tração na Flexão Média (MPa)		
Tipo de Chapisco	Média	Desvio Padrão
CB	3,67	0,86
CB_Sílica	4,57	0,63
CB_Ad. Retentor de Água	3,03	0,39
DM	3,80	0,69
DM_Sílica	4,27	0,54
DM_Ad. Retentor de Água	3,54	0,29

Para obter uma análise mais detalhada, foi realizado uma verificação da significância dos resultados obtidos. A tabela 36 apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas ao chapisco na resistência à tração na flexão.

Tabela 36: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,1445	0,526	0,472496	NS
Adições	2	5,2931	19,258	0,000001	S
Granulometria*Adições	2	0,6978	2,539	0,091304	NS
Erro	41	0,2749			

Através desta análise pode-se verificar que a granulometria do chapisco não foi responsável por variações significativas na resistência à tração na flexão. Já as adições promoveram um diferença significativa.

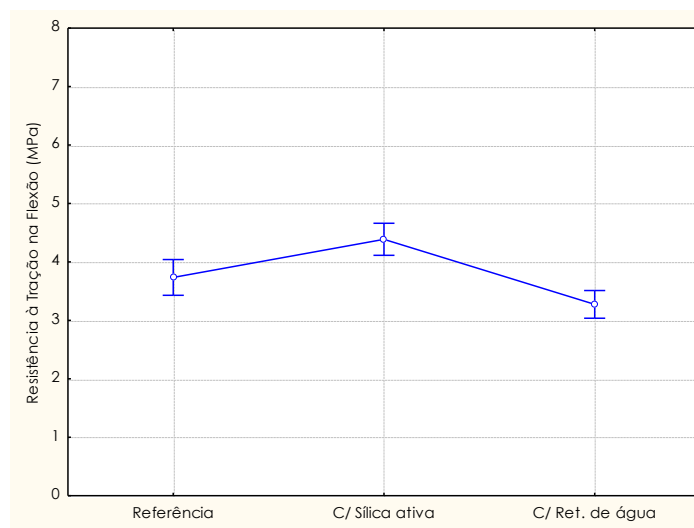


Figura 25: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Através da figura 25 percebe-se um aparente aumento na resistência à tração na flexão ao se adicionar sílica ativa e uma queda nesta propriedade ao se adicionar aditivo retentor de água. Para melhor visualizar estas mudanças foi realizada uma análise de variância separadamente para as diferentes adições feitas ao chapisco.

A tabela 37 apresenta o resumo da análise estatística realizada para avaliar a influência da utilização de sílica ativa na resistência à tração na flexão e a figura 26 mostra graficamente a influência da mesma.

Tabela 37: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,0486	0,126	0,726350	NS
Uso de Sílica	1	2,8318	7,321	0,012614	S
Granulometria*Uso de Sílica	1	0,2946	0,762	0,391838	NS
Erro	23	0,3868			

Com essa análise, verificou-se que a influência gerada pela adição de sílica ativa ao chapisco foi significativa e, através da análise gráfica comprova-se que a mesma promoveu um acréscimo na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco.

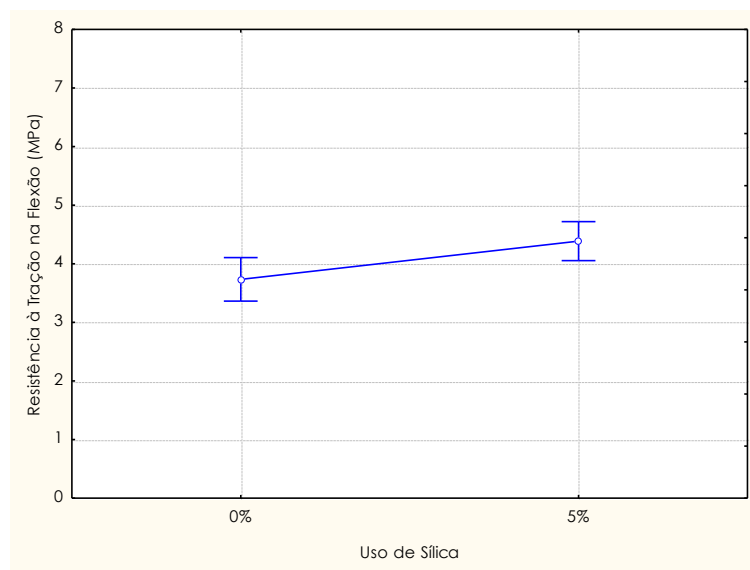


Figura 26: Influência da introdução de sílica ativa sobre a resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Silva (2004) descreve a atuação da sílica ativa em produtos cimentícios, que pode ser na pasta de cimento e também na ligação pasta/agregado, como o efeito combinado entre suas duas formas de ação, efeito microfíler (preenchendo os vazios e interrompendo a rede capilar) e efeito pozolânico (através da reação com o hidróxido de cálcio, formando produtos resistentes do tipo C-S-H). Este resultado com a introdução de sílica ativa era esperado, pois a adição desta aos produtos cimentícios promove um aumento considerável na compacidade, diminuindo o volume de vazios, fortalecendo a microestrutura e promovendo o refinamento dos poros, logo, melhoram as características mecânicas da mistura. Em seus estudos a autora não realizou ensaios de caracterização mecânica dos chapiscos utilizados na sua pesquisa.

A tabela 38 apresenta a verificação da influência da granulometria e do uso de aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco e a figura 27 mostra de forma gráfica a influência do mesmo.

Tabela 38: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,7587	2,816	0,104444	NS
Uso de Ad. Retentor de Água	1	1,5887	5,897	0,021843	S
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	0,2795	1,038	0,317096	NS
Erro	28	0,2694			

Pela tabela 38, o uso de aditivo retentor de água na argamassa de chapisco altera significativamente os valores de resistência à tração na flexão, provocando uma diminuição na mesma, visualizada na figura 27.

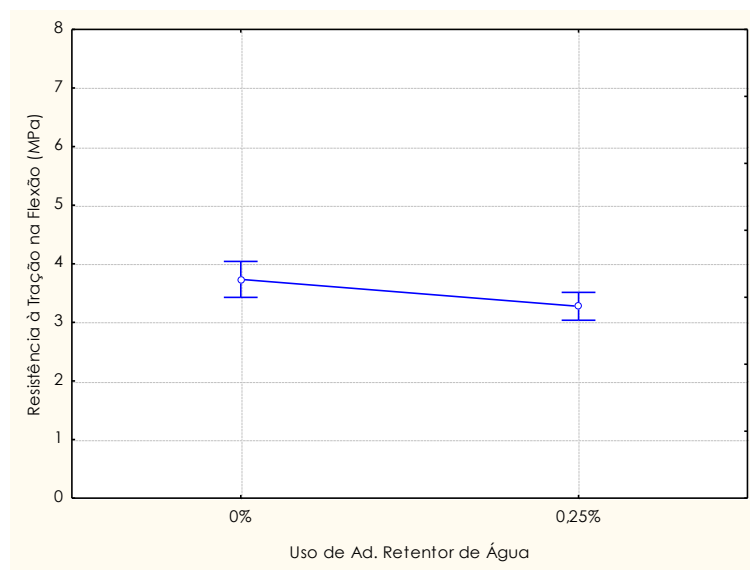


Figura 27: Influência da introdução do aditivo retentor de água sobre a resistência à tração na flexão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Vale salientar que, os valores de ar incorporado encontrados para as combinações com acréscimo de aditivo retentor de água são superiores aos chapiscos sem adição, sendo esta uma possível explicação para a redução da resistência à tração na flexão encontrada. E, além disso, este resultado corrobora com o estudo feito por Do Ó (2004). Este comprovou em seu estudo que ao adicionar aditivo retentor de água em argamassas há um acréscimo considerável no teor de ar incorporado, sendo que isto pode ter influenciado de forma negativa as propriedades mecânicas do chapisco.

5.3.6 Resistência à Compressão

Após tratamento dos dados, a média resultante da resistência à compressão, por tipo de chapisco, corresponde aos valores apresentados na tabela 39. No apêndice G é possível visualizar os valores individuais, médias e desvios por grupo para as combinação de argamassa de chapisco.

Tabela 39: Resistência à compressão média das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Resistência à Compressão Média (MPa)		
Tipo de Chapisco	Média	Desvio Padrão
CB	10,58	0,95
CB_Sílica	13,01	1,90
CB_Ad. Retentor de Água	7,47	1,93
DM	10,89	2,67
DM_Sílica	12,90	1,62
DM_Ad. Retentor de Água	9,56	1,16

Como para a análise da resistência à tração na flexão, os dados obtidos para a resistência à compressão foram devidamente introduzidos a uma análise estatística. A tabela 40

apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas no chapisco na resistência à compressão.

Tabela 40: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	16,200	5,373	0,023181	S
Adições	2	130,632	43,326	0,000000	S
Granulometria*Adições	2	9,279	3,078	0,051929	NS
Erro	75	3,015			

Através da tabela 40 é possível afirmar que a granulometria e as alterações realizadas com o acréscimo das adições feitas são responsáveis por mudanças significativas na resistência à compressão das argamassas de chapisco. A figura 28 apresenta graficamente as mudanças geradas granulometria do chapisco na resistência à compressão.

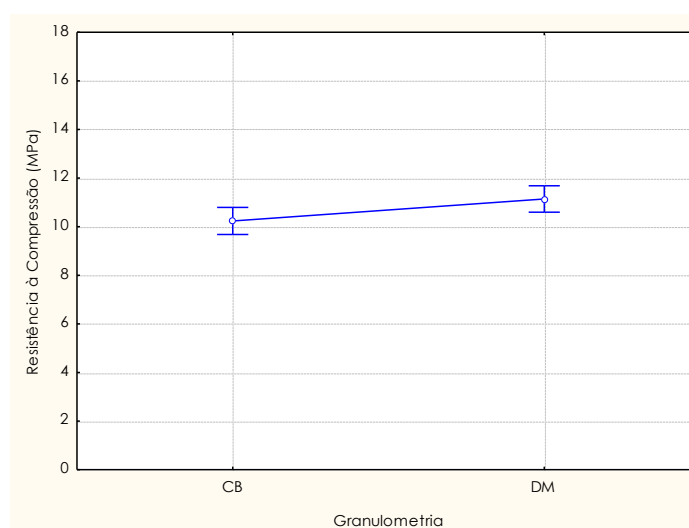


Figura 28: Influência da granulometria na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Observando a figura 28 pode-se verificar que a granulometria DM gera maiores valores de resistência à compressão do que a granulometria CB, o que não era esperado. Para tentar explicar este resultado foi realizada uma análise separada para as diferentes adições, tentando com isso verificar o porque isto ocorreu.

E, pela figura 29, verifica-se que a introdução de sílica ativa causa um aumento na resistência à compressão e a introdução de aditivo retentor de água um decréscimo na mesma.

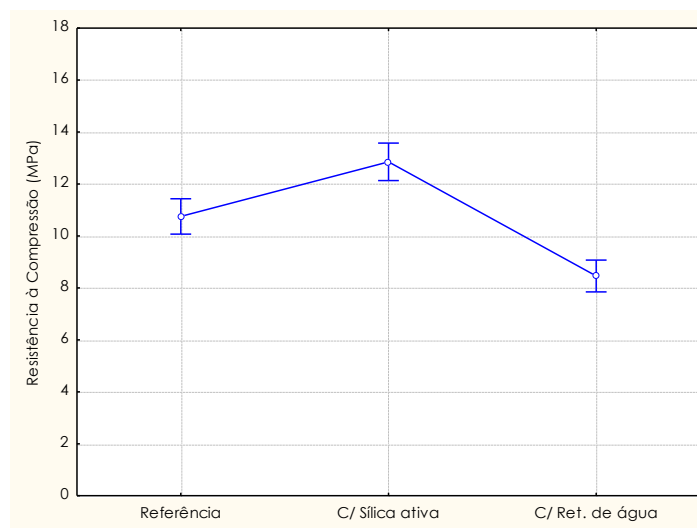


Figura 29: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Para melhor entender e visualizar foi feita a análise de variância separadamente para a introdução de sílica ativa e de aditivo retentor de água em relação aos chapiscos referência.

Na tabela 41 está apresentada a análise de variância para verificação da influência da introdução de sílica ativa nas argamassas de chapisco e na figura 30 é possível visualizar o comportamento desta variável.

Tabela 41: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,827	0,240	0,626311	NS
Uso de Sílica	1	53,699	15,601	0,000273	S
Granulometria*Uso de Sílica	1	0,885	0,257	0,614617	NS
Erro	45	3,442			

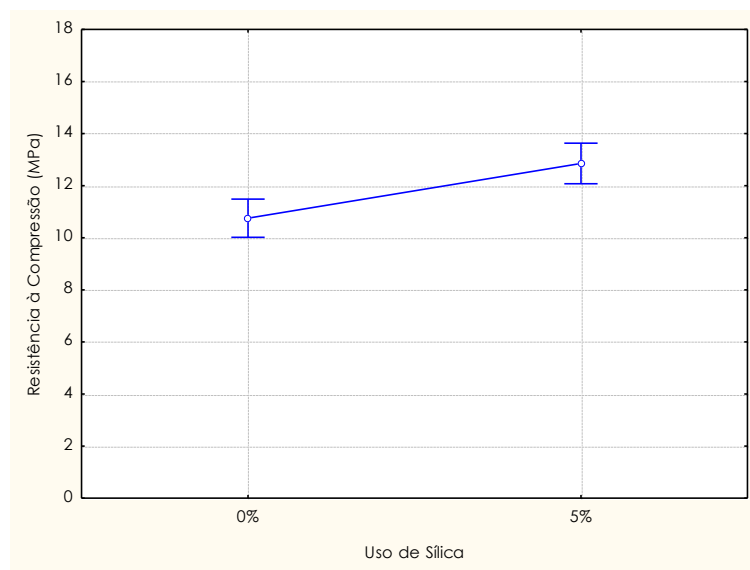


Figura 30: Influência da introdução de sílica ativa sobre a resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A partir desta segunda análise, onde verifica-se apenas os chapiscos referência (sem adições) e as combinações com sílica ativa presente, é possível perceber que, entre estas, a granulometria não é responsável por uma mudança significativa e que a introdução da sílica ativa promove um aumento significativo na resistência à compressão. Este aumento, que era esperado, tendo em vista o ensaio de resistência à tração na flexão é também pelo já mencionado efeito que a sílica ativa exerce em materiais cimentícios (efeito microfíler e efeito pozolânico).

Na tabela 42 está apresentado a análise de variância para verificação da influência do aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco.

Tabela 42: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	26,444	8,893	0,004288	S
Uso de Ad. Retentor de Água	1	75,006	25,225	0,000006	S
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	9,845	3,311	0,074374	NS
Erro	54	2,974			

Na figura 31 é possível verificar graficamente o comportamento da granulometria do chapisco na resistência à compressão e na figura 32 o comportamento dos chapiscos com a inserção do aditivo retentor de água.

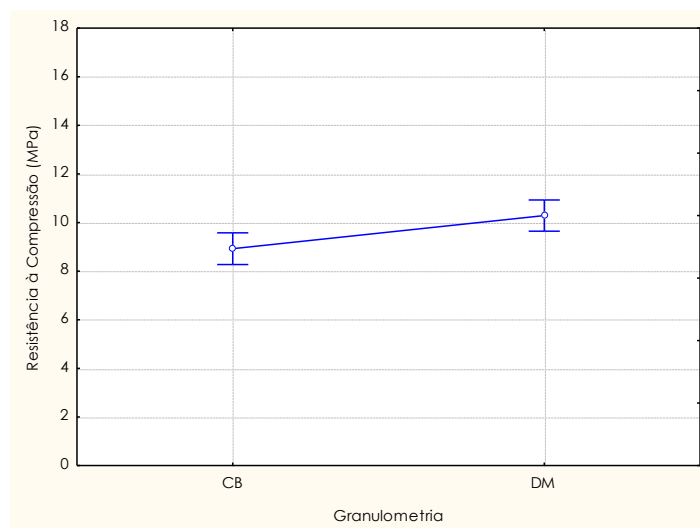


Figura 31: Influência da granulometria na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

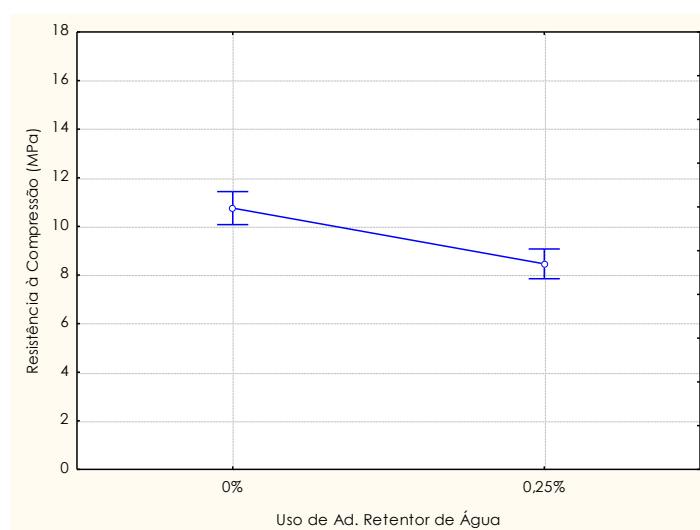


Figura 32: : Influência da introdução de aditivo retentor de água na resistência à compressão das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A introdução de aditivo retentor de água influencia de forma significativa na queda dos valores de resistência à compressão do chapisco se comparado aos chapiscos de referência. Além disso, no caso da resistência à compressão, pode-se visualizar uma diferença entre as argamassas produzidas com areia CB e com areia DM, sendo a introdução de aditivo retentor de água mais prejudicial para o chapisco com granulometria CB do que para o chapisco com granulometria da areia tipo DM. Este resultado pode ser consequência dos chapiscos apresentarem mesma relação água/cimento; por ser uma granulometria descontínua, as argamassas do tipo DM apresentaram-se mais fluidas do que as do tipo CB. Para os chapiscos DM, a introdução do retentor diminui fluidez, mas não a ponto de prejudicar a moldagem, já, ao acrescentar o aditivo retentor de água ao chapisco CB, a fluidez deste sofreu uma alteração ainda mais perceptível do que a vista para a granulometria DM, resultando em uma argamassa quase “seca”, isto implica em

uma argamassa menos trabalhável proporcionando maior dificuldade de moldagem e um conseqüente aumento do número de vazios ao moldar os corpos-de-prova. Ou seja, como a argamassa de chapisco DM possui água livre em excesso, quando foi acrescentado o aditivo esta ficou com uma consistência mais adequada do que a CB que resultou em uma argamassa pouco fluida e de difícil utilização. Sendo assim, corroborando com o resultado do ensaio que verifica o teor de ar incorporado, o chapisco CB com aditivo retentor de água incorporou uma quantidade de ar maior resultando em valores menores de resistência à compressão do que o chapisco DM.

O comportamento descrito pela análise estatística para a resistência à compressão segue o padrão descrito pela resistência à tração na flexão sendo, então, possível ser explicada pelos argumentos propostos para a mesma, ou seja, a introdução de sílica ativa gera uma melhora significativa das propriedades mecânicas do chapisco e a introdução de aditivo retentor de água provoca uma diminuição expressiva a estas propriedades.

5.3.7 Absorção de Água por Capilaridade

A tabela 43 apresenta a absorção média encontrada para cada tipo de chapisco, após a retirada de valores espúrios (no apêndice H é possível encontrar os valores individuais, médias e desvios para as amostras de chapisco).

Tabela 43: Absorção de água por capilaridade média das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)		
Tipo de Chapisco	Média	Desvio Padrão
CB	0,58	0,16
CB_Sílica	0,42	0,08
CB_Ad. Retentor de Água	0,57	0,05
DM	0,69	0,22
DM_Sílica	0,74	0,01
DM_Ad. Retentor de Água	0,67	0,06

Os dados encontrados para a absorção foram, também, analisados de forma estatística. A tabela 44 apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas no chapisco na absorção de água por capilaridade.

Tabela 44: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,38941	28,513	0,000004	S
Adições	2	0,00780	0,571	0,569100	NS
Granulometria*Adições	2	0,06298	4,612	0,015467	S
Erro	42	0,01366			

A figura 33 apresenta a influência da granulometria da areia na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco.

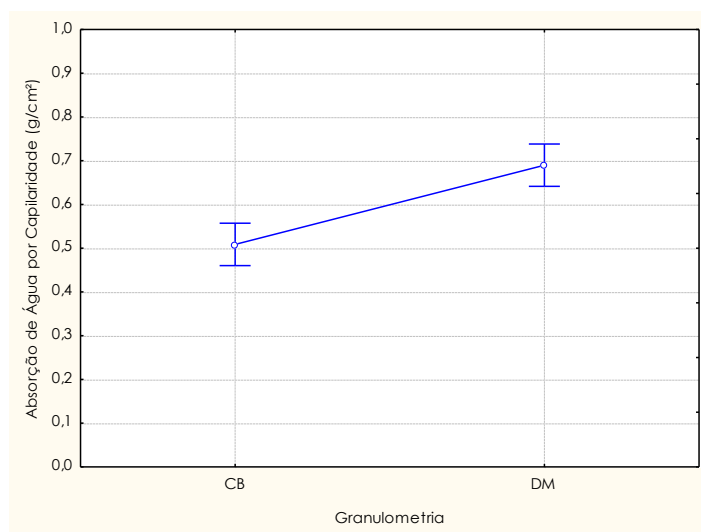


Figura 33: Influência da granulometria na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A menor absorção de água obtida pela granulometria CB era esperada uma vez que, segundo Carneiro (1999) no que se refere a granulometria do agregado, quanto maior a continuidade da distribuição granulométrica do agregado, menor será o volume de vazios na mistura. Sendo assim, quanto menor o volume de vazios menor a absorção de água da mistura.

A figura 34 apresenta graficamente as mudanças geradas pelas adições realizadas no chapisco para a absorção de água por capilaridade.

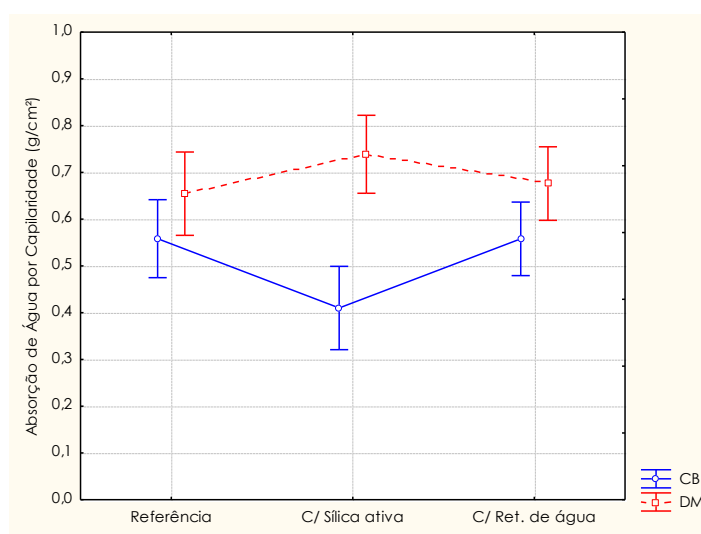


Figura 34: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Com esta análise da interação entre granulometrias e diferentes composições de chapisco pode-se perceber que a absorção de água por capilaridade, com adição de sílica, teve um comportamento diferenciado entre as diferentes granulometrias e para tentar explicar mais detalhadamente foi feita a análise desta propriedade separadamente para as diferentes adições.

A tabela 45 está apresentado a análise de variância para verificação da influência da introdução de sílica ativa nas argamassas de chapisco.

Tabela 45: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,33718	17,2926	0,000309	S
Uso de Sílica	1	0,00763	0,3911	0,537168	NS
Granulometria*Uso de Sílica	1	0,10103	5,1814	0,031303	S
Erro	26	0,01950			

Pela tabela 45 é possível afirmar que a introdução de sílica ativa na porção de 5%, sobre a massa de cimento, isoladamente, não foi capaz de gerar alterações significativas. Ainda por esta mesma tabela é possível verificar que a granulometria gera mudanças significativas e sua interação com a introdução de sílica ativa também.

A figura 35 apresenta graficamente a influência gerada pela granulometria na absorção de água por capilaridade.

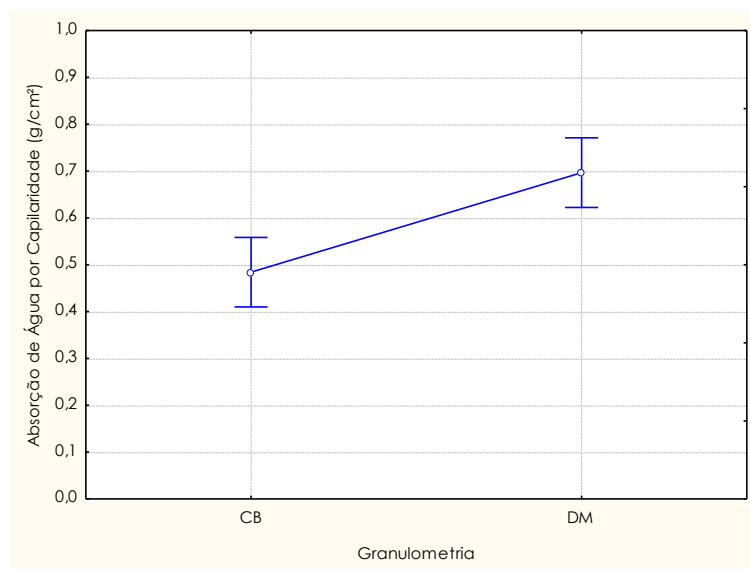


Figura 35: Influência da granulometria da areia na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Observando a figura é possível perceber que as granulometrias possuem resultados significativamente diferentes. Este resultado pode ser explicado uma vez que uma granulometria contínua e bem graduada (caso CB) é responsável por um maior

fechamento de poros do que uma granulometria descontínua e mal graduada (caso DM). Tristão (1995) concluiu, através de seus ensaios, que a absorção de água por capilaridade aumenta a medida que o coeficiente de uniformidade diminui, sendo que quanto menor o coeficiente de uniformidade menor é a variação granulométrica da areia, ou seja, areias com todos os tamanhos de grãos (contínua) produzem argamassas menos permeáveis do que argamassa que tem predominância de um tamanho de grão sobre os demais (descontínua).

A figura 36 mostra a interação entre a introdução de sílica ativa e a granulometria do chapisco.

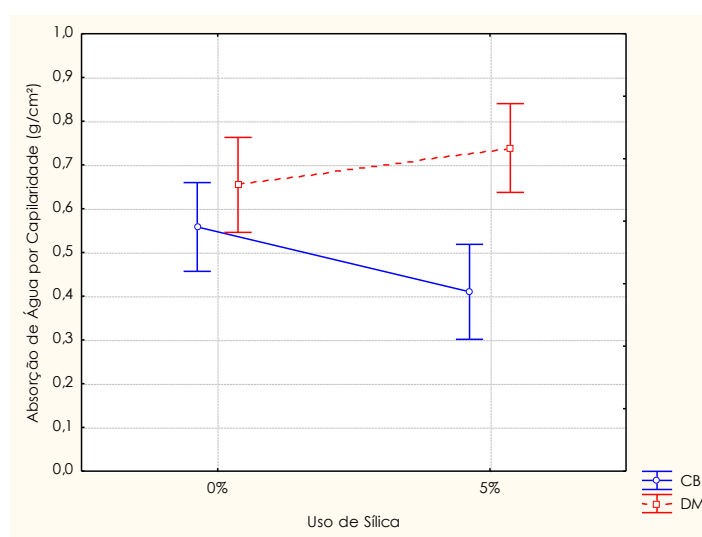


Figura 36: Influência da granulometria e introdução de sílica ativa e na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A partir desta figura é possível tecer algumas considerações dos resultados obtidos. Primeiro, a granulometria CB segue a tendência esperada e corrobora com os resultados de resistência à compressão encontrada para esta combinação, ou seja, ao acrescentar sílica ativa ao chapisco este diminui sua porosidade aumentando a resistência à compressão e diminuindo a absorção de água por capilaridade. No entanto, para a granulometria DM isto não aconteceu, sendo este resultado possivelmente decorrente da alta fluidez desta mistura que pode ter gerado uma moldagem dos corpos-de-prova utilizados deficiente, uma vez que para os ensaios de resistência à tração na flexão e a compressão a introdução de sílica gerou melhorias significativas destes valores.

A tabela 46 está apresentado a análise de variância para verificação da influência do aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco e a figura 37 apresenta graficamente esta influência.

Tabela 46: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,09384	6,2331	0,018469	S
Uso de Ad. Retentor de Água	1	0,00093	0,0618	0,805438	NS
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	0,00099	0,0661	0,798941	NS
Erro	29	0,01505			

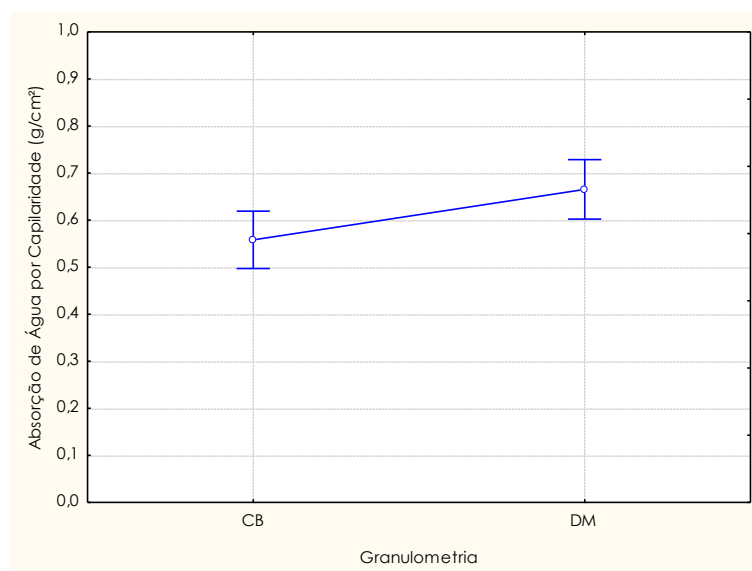


Figura 37: Influência da granulometria da areia na absorção de água por capilaridade das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Novamente, corroborando a primeira análise (análise conjunta) realizada, para o caso da absorção de água por capilaridade, a introdução de aditivo retentor de água não gera mudanças significativas, somente a granulometria da areia foi responsável por uma variação significativa na absorção. Possivelmente o aditivo retentor de água, embora promova o acréscimo de ar incorporado, comprovado pelo ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado e, também comprovado pelo resultado de resistência à compressão que sofre um decréscimo com seu uso, não aumente a absorção por capilaridade, pois o ar incorporado proveniente do mesmo não é capilar.

E quanto a variação granulométrica apresentar uma mudança significativa, sendo a CB responsável por uma menor absorção por capilaridade, esta ocorre pela mesmo motivo apresentado para análise anterior, ou seja, granulometrias contínuas e bem graduadas (CB) promovem um maior fechamento de poros do que uma granulometria descontínua e mal graduada (DM).

5.3.8 Módulo de Deformação Dinâmico

A tabela 47 apresenta o valor médio de módulo de deformação dinâmico para cada tipo de chapisco estudado, em GPa, após a retirada de valores espúrios.

Tabela 47: Módulo de deformação dinâmico médio das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Módulo de Deformação Dinâmico (GPa)		
Tipo de Chapisco	Média	Desvio Padrão
CB	21,56	1,56
CB_Sílica	23,52	1,93
CB_Ad. Retentor de Água	17,55	0,87
DM	22,33	1,11
DM_Sílica	20,58	1,43
DM_Ad. Retentor de Água	19,47	0,86

A análise estatística foi realizada para a verificação da influência da granulometria e das adições realizadas. A tabela 48 apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas no chapisco no módulo de deformação dinâmico.

Tabela 48: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,06	0,035	0,853763	NS
Adições	2	48,53	28,844	0,000000	S
Granulometria*Adições	2	17,57	10,442	0,000409	S
Erro	28	1,68			

A figura 38 apresenta a influência gerada pelas adições realizadas às argamassas de chapisco no módulo de deformação dinâmico.

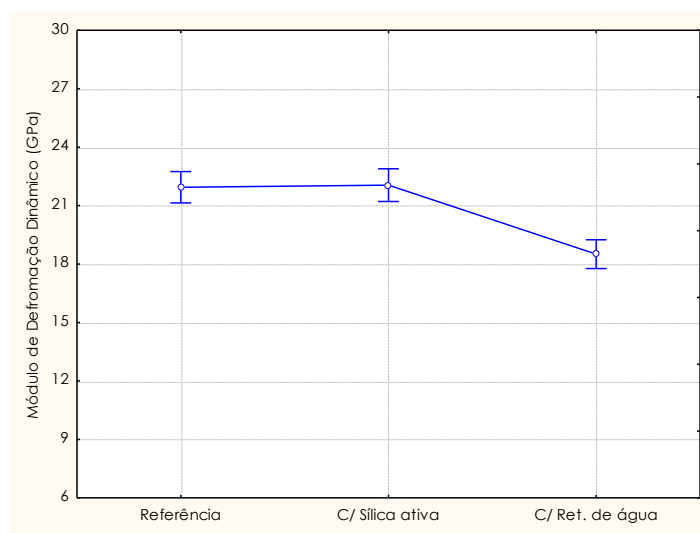


Figura 38: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A figura 39 mostra graficamente os resultados encontrados para o módulo de deformação dinâmico da interação entre granulometrias e adições feitas às argamassas de chapisco.

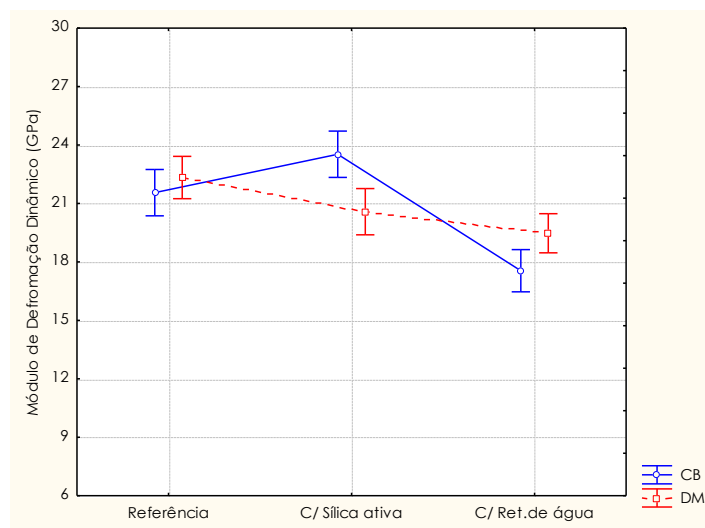


Figura 39: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Observando as figuras 38 e 39 é possível afirmar que a mudança de granulometria do chapisco não gera influência significativa no módulo de deformação dinâmico, já, as adições realizadas apresentaram influência significativa. Para melhorar a análise foi realizada a análise de variância separadamente para as adições realizadas.

A tabela 49 apresenta a análise de variância para verificação da influência da introdução de sílica ativa nas argamassas de chapisco e a figura 40 apresenta graficamente o comportamento causado por sua introdução.

Tabela 49: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	6,14	2,686	0,119588	NS
Uso de Sílica	1	0,06	0,026	0,873324	NS
Granulometria*Uso de Sílica	1	18,07	7,899	0,012036	S
Erro	17	2,29			

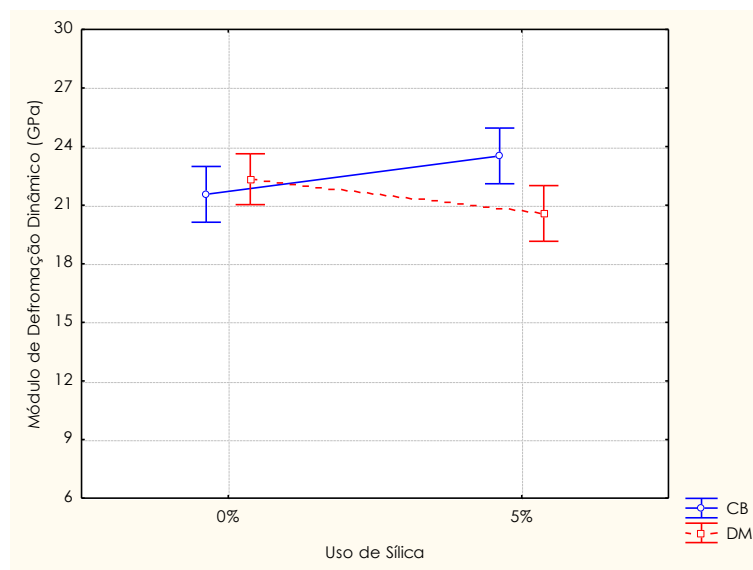


Figura 40: Influência da interação entre a granulometria e a introdução de sílica ativa no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

O comportamento apresentado pelos diferentes chapiscos, através da análise de variância, mostra que a granulometria e a introdução de sílica ativa, isoladamente, não promoveram mudanças significativas nos valores de módulo de deformação dinâmico. No entanto, a interação entre estas variáveis apresentou que a introdução de sílica ativa causou uma tendência de aumento nos valores de módulo para a granulometria CB e uma tendência a diminuição para a granulometria DM, comparando estes aos seus traços de referência. Entretanto o comportamento visto para a granulometria DM não era o esperado, uma vez que a sílica é responsável por um fechamento maior dos poros e uma densificação da massa, comprovado pela bibliografia e pelo ensaio de densidade de massa dos mesmos. Este comportamento inesperado para a granulometria DM foi visualizado também no ensaio de absorção de água por capilaridade, que ao acrescentar a sílica ativa, este teve um aumento de absorção, sendo possivelmente explicado pela alta fluidez da mistura que pode ter promovido problemas na moldagem dos corpos-de-prova ensaiados.

A tabela 50 apresenta a análise de variância para verificação da influência do aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco e as figura 41 e figura 42 apresentam, respectivamente, a influência da granulometria e a influência da introdução de aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico da argamassa de chapisco.

Tabela 50: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	10,746	8,919	0,007295	S
Uso de Ad. Retentor de Água	1	69,751	57,890	0,000000	S
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	1,937	1,607	0,219438	NS
Erro	20	1,205			

Com relação a introdução do aditivo retentor de água, a análise de variância permite afirmar que o módulo de deformação dinâmico sofreu influência significativa tanto da granulometria das argamassas de chapisco como também da introdução do aditivo retentor de água.

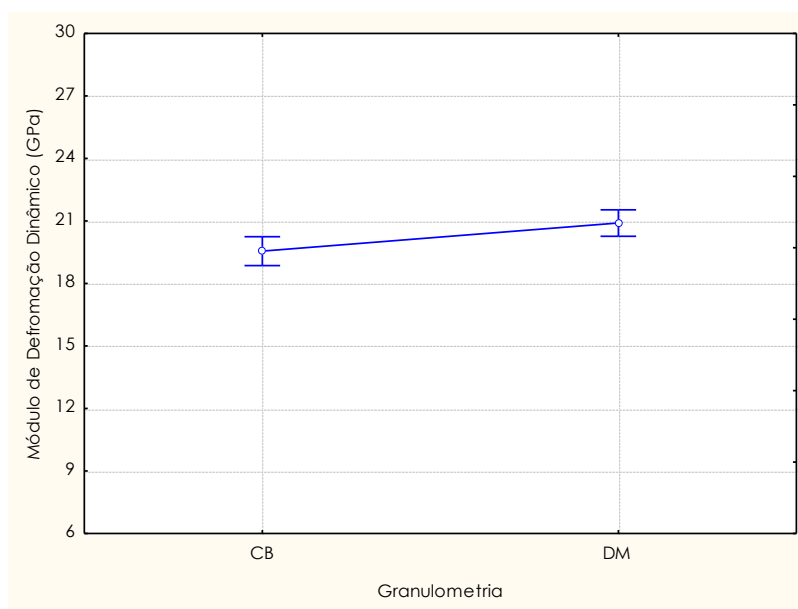


Figura 41: Influência da granulometria no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Com relação a granulometria a DM foi responsável por um módulo de deformação dinâmico superior ao da granulometria CB.

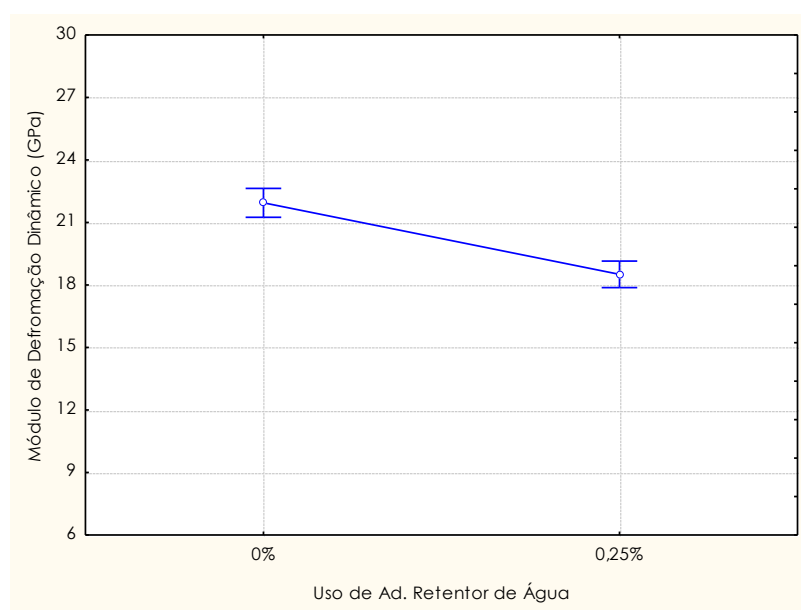


Figura 42: Influência do aditivo retentor de água no módulo de deformação dinâmico das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Esta diminuição no módulo pode ter ocorrido porque o aditivo retentor de água, modifica drasticamente a fluidez do chapisco e aumenta o teor de ar incorporado na mistura e, segundo os resultados apresentados, este aumento de ar incorporado é ainda mais acentuado na granulometria CB do que na DM, desta explicação advém a diminuição mais expressiva para o valor do módulo de deformação dinâmico do chapisco CB, sendo assim, maior quantidade de ar, maior a capacidade de deformação deste. No entanto, este não era o resultado esperado com relação as granulometrias, esperava-se que a granulometria CB fosse responsável por um módulo de deformação mais elevado, que a granulometria DM, uma vez que esta causa uma maior densificação pela melhor distribuição dos grãos, vista na literatura (CARNEIRO, 1999). Este fato pode ser explicado pelo mesmo possível argumento utilizado para o ensaio de resistência à compressão, onde a introdução de aditivo retentor de água mostrou-se agir mais fortemente para o chapisco com granulometria CB do que para o chapisco com granulometria da areia tipo DM. Isto porque, embora possuam mesma relação água/cimento, por ser uma granulometria descontínua, as argamassas do tipo DM apresentaram maior quantidade de água livre do que as do tipo CB, e por isso, ao acrescentar o aditivo retentor de água, a fluidez da argamassa CB sofreu uma alteração ainda mais perceptível do que a vista para a granulometria DM, implicando em uma argamassa menos trabalhável e conseqüentemente pode aumentar o número de vazios ao moldar os corpos-de-prova.

5.3.9 Densidade de Massa Aparente

A tabela 51 apresenta a densidade média obtida por tipo de chapisco e o apêndice I contém as médias e desvios por amostra de chapisco.

Tabela 51: Densidade de massa média das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Tipo de Chapisco	Densidade de Massa Aparente (kg/m ³)	
	Média	Desvio Padrão
CB	2031	21
CB_Sílica	2052	26
CB_Ad. Retentor de Água	1868	57
DM	1959	7
DM_Sílica	2001	34
DM_Ad. Retentor de Água	1939	31

Para uma melhor interpretação da densidade de massa aparente das argamassas de chapisco foi realizada a análise estatística. A tabela 52 apresenta a análise de variância resultante para verificação das mudanças realizadas no chapisco na densidade de massa aparente.

Tabela 52: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria, da introdução de sílica ativa e do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	2990	2,9	0,095849	NS
Adições	2	61733	60,2	0,000000	S
Granulometria*Adições	2	24462	23,9	0,000000	S
Erro	38	1025			

A figura 43 apresenta a influência gerada pelas adições ao chapisco na densidade de massa aparente.

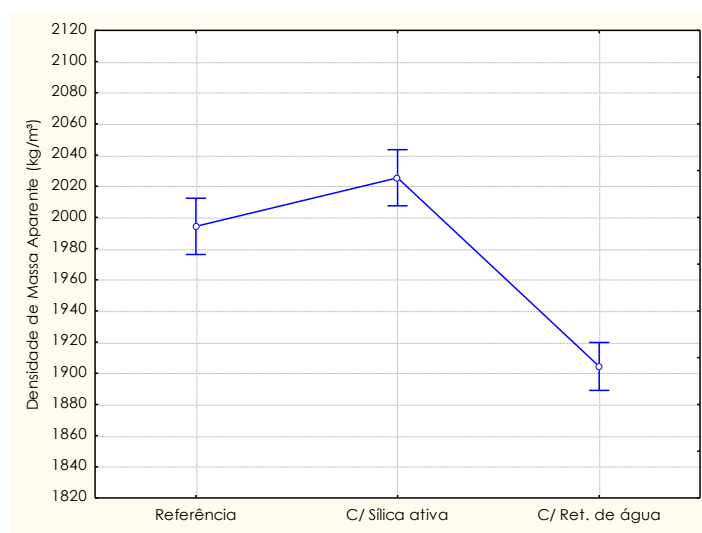


Figura 43: Influência da introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A figura 44 mostra graficamente os resultados encontrados para a densidade de massa aparente.

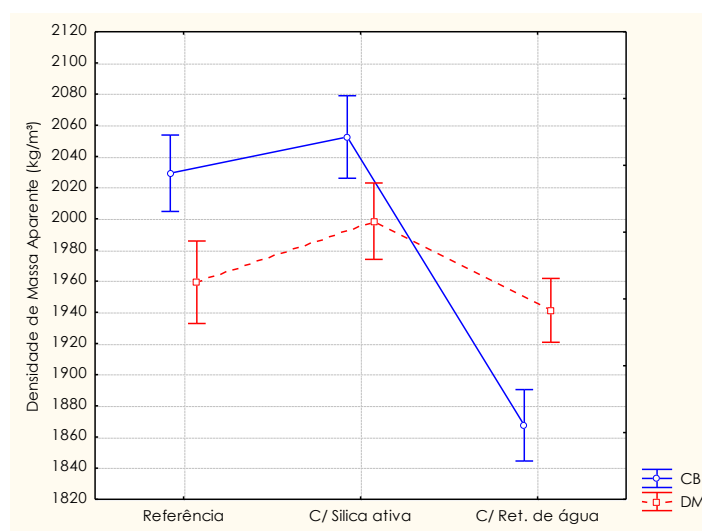


Figura 44: Influência da granulometria, introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A partir da tabela 52 e das figuras 43 e 44 é possível afirmar que a composição do chapisco bem como sua interação com a granulometria é responsável por variações significativas nos resultados de densidade de massa. Para melhor interpretar, foi realizada a análise estatística separada para a introdução de sílica ativa e aditivo retentor de água com relação aos chapiscos de referência.

A tabela 53 apresenta a análise de variância para verificação da influência da granulometria e da introdução de sílica ativa nas argamassas de chapisco.

Tabela 53: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução de sílica ativa na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	24831	48,8	0,000001	S
Uso de Sílica	1	6287	12,4	0,001951	S
Granulometria*Uso de Sílica	1	410	0,8	0,378854	NS
Erro	22	509			

Pela análise de variância realizada nos valores de densidade de massa aparente encontrada para as argamassa de chapisco foi possível verificar que a introdução de sílica ativa proporcionou um aumento significativo nos valores de densidade de massa aparente dos chapiscos estudados, sendo também significativa a influência da granulometria.

A figura 45 apresenta a influência da granulometria das argamassas de chapisco na densidade de massa aparente.

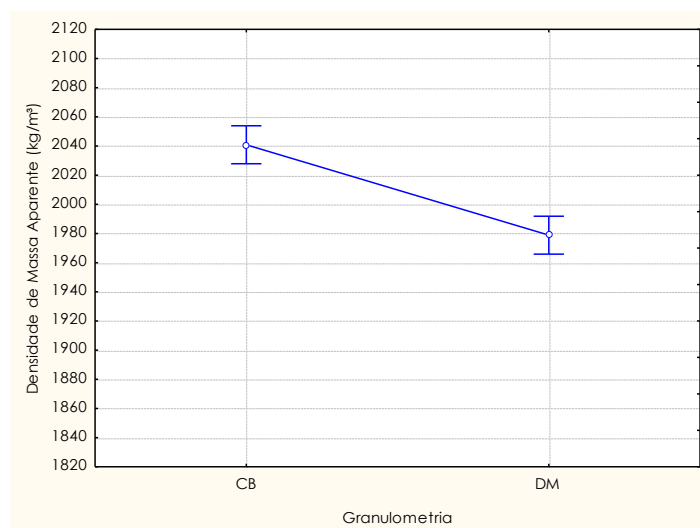


Figura 45: Influência da granulometria na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Com relação a granulometria, como já mencionado anteriormente, a granulometria CB, por possuir uma distribuição granulométrica contínua permite um melhor fechamento dos poros da mistura conferindo a ela uma densidade de massa superior a granulometria descontínua como a DM.

A figura 46 apresenta a influência da introdução de sílica ativa na densidade de massa das argamassas de chapisco.

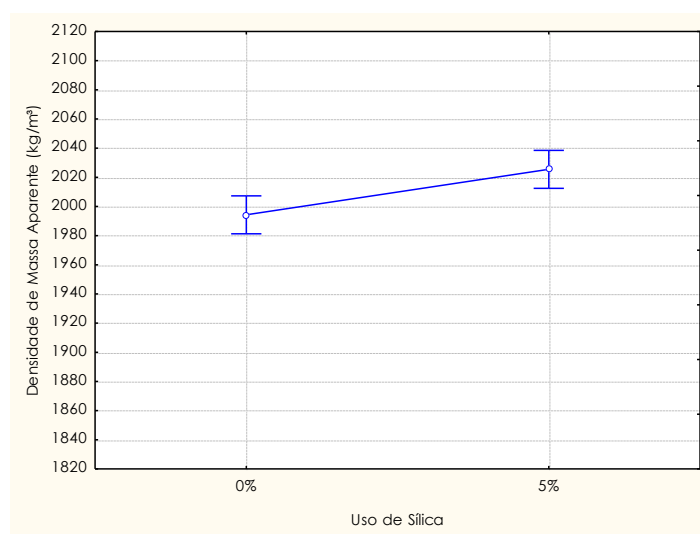


Figura 46: Influência da introdução da sílica ativa na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Pela figura 46, ao acrescentar sílica ativa às misturas cimentícias, esta exerce um papel importante no fechamento dos vazios restantes, aumentando a compacidade e conseqüentemente aumentando a densidade da mesma.

A tabela 54 apresenta a análise variância para verificação da influência da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco.

Tabela 54: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e da introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	27	0,0	0,878884	NS
Uso de Ad. Retentor de Água	1	60453	53,5	0,000000	S
Granulometria*Uso de Ad. Ret. Água	1	38633	34,2	0,000003	S
Erro	27	1131			

A figura 47 apresenta a influência do uso do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco.

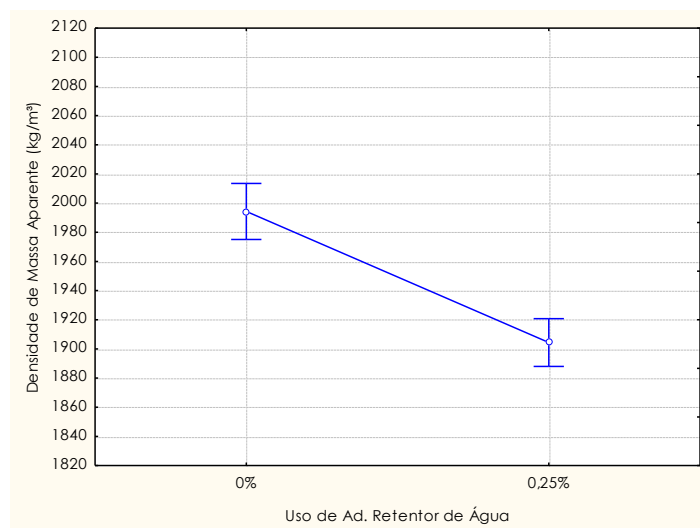


Figura 47: Influência da introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

A figura 48 apresenta o comportamento na densidade de massa aparente pela interação da granulometria e da introdução de aditivo retentor de água nos chapiscos.

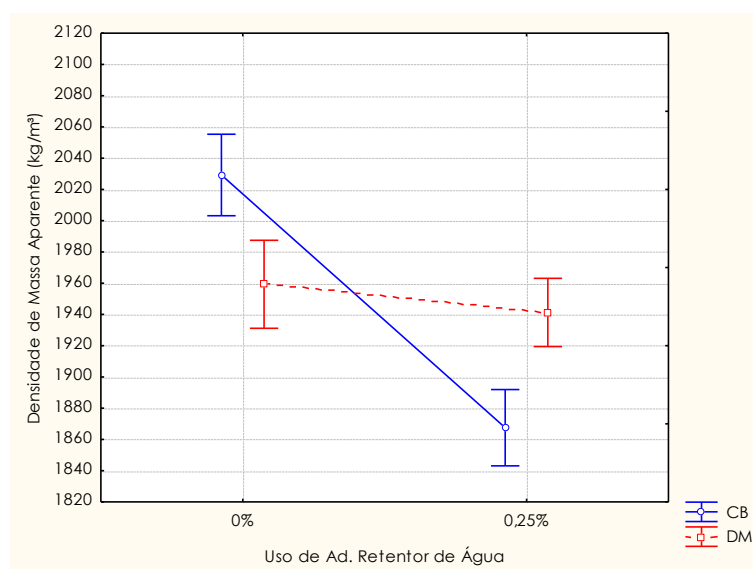


Figura 48: Influência da interação entre a granulometria e a introdução do aditivo retentor de água na densidade de massa aparente das argamassas de chapisco, aos 28 dias

Para a introdução de aditivo retentor de água a análise de variância mostrou que a influência gerada pelo mesmo é o decréscimo significativo nos valores de densidade das argamassas de chapisco, sendo este mais acentuado para o chapisco com granulometria CB do que para o chapisco com granulometria DM, isto porque, como dito anteriormente, a argamassa CB ao ser acrescentado o aditivo retentor de água teve um maior mudança de fluidez do que a DM.

Vale salientar que, analisando a figura 59, observa-se o comportamento das argamassas de chapisco com 0% de aditivo retentor de água, é possível verificar que a densidade de

massa para a granulometria CB é superior a granulometria DM. No entanto, quando acrescenta-se o aditivo a mistura a queda na densidade de massa visualizada no chapisco CB é expressivamente mais acentuada do que na DM, através desta informação é possível corroborar com o anteriormente dito, isto é, com a introdução de aditivo retentor de água, a argamassa tipo CB sofre uma mudança na fluidez, prejudicando a trabalhabilidade, e possivelmente resultou em uma moldagem dos corpos-de-prova menos eficiente.

A tabela 55 apresenta um resumo das significâncias dos ensaios relativos à caracterização e controle das argamassas de chapisco.

Tabela 55: Resumo dos resultados obtidos nos ensaios realizados para controle e caracterização das argamassas de chapisco

ENSAIOS												
Densidade de massa (EF)		Resit. à Tração na flexão		Resit. à compressão		Absorção por Capilaridade		Módulo de defor. Dinâm.		Densidade de massa (EE)		
Granulometria	CB	NS	CB	NS	CB	NS	CB	S	CB	NS	CB	S
	DM		DM		DM		DM		DM		DM	
Uso de Sílica	0%	NS	0%	S	0%	S	0%	NS	0%	NS	0%	S
	5%		5%		5%		5%		5%		5%	
Granulometria	CB	NS	CB	NS	CB	S	CB	S	CB	S	CB	NS
	DM		DM		DM		DM		DM		DM	
Uso de Aditivo Retent. de água	0%	S	0%	S	0%	S	0%	NS	0%	S	0%	S
	0,25%		0,25%		0,25%		0,25%		0,25%		0,25%	

NS: não significativo EF: estado fresco ● valores mais altos
 S: significativo EE: estado endurecido ● valores mais baixos

E a tabela 56 apresenta o resumo com valores médios obtidos para os diferentes ensaios de caracterização e controle dos chapiscos.

Tabela 56: Resumo com valores médios obtidos nos ensaios realizados para controle e caracterização das argamassas de chapisco

Ensaio	Tipos de chpisco					
	CB	CB_sílica ativa	CB_ad. retentor de água	DM	DM_sílica ativa	DM_ad. retentor de água
Consistência (mm)	338	343	242	fluida	fluida	284
Retenção de água (%)	88	87	93	86	81	86
Densidade EF (kg/m ³)	2188	2198	2093	2147	2174	2129
Teor de ar inc.G (%)	-	-	3	-	-	-
Teor de ar inc.P (%)	1,5	1,6	4,1	0,3	0,6	1,2
Resist. à tração na flexão (MPa)	3,67	4,57	3,03	3,80	4,27	3,54
Resist. à compressão (MPa)	10,58	13,01	7,47	10,89	12,90	9,56
Absorção de água por capilaridade (g/cm ²)	0,58	0,42	0,57	0,69	0,74	0,67
Densidade EE (kg/m ³)	2031	2052	1868	1959	2001	1939
Módulo de deformação dinâmico (GPa)	21,56	23,52	17,55	22,33	20,58	19,47

De forma geral, os ensaios de caracterização e controle das argamassa de chapisco demonstram que a introdução de sílica ativa promove o fechamento da porosidade, maior compactação às argamassas de chapisco, melhorando, com isso, as propriedades mecânicas da mesma, no entanto enquanto a argamassa ainda esta em estado fresco, devido provavelmente a alta quantidade de água presente nos chapiscos, a sílica ativa, na quantidade acrescentada não é responsável por alterações significativas nos ensaios das misturas em estado fresco. Já a introdução do aditivo retentor de água, de fato, altera a fluidez das argamassas em estado fresco, aumentando o teor de ar incorporado, tanto que promove uma diferença considerável nos resultados quando a mesma endurece, prejudicando as propriedades mecânicas. Ainda, sobre a granulometria do chapisco, pode-se afirmar que, chapiscos com mesma relação água/cimento quando formulados com uma granulometria descontínua (DM), resultam em uma mistura com maior quantidade de água livre e, com a evaporação dessa água, em estado endurecido, observa-se um material mais permeável e menos denso do que granulometrias contínuas.

Por se tratar de um tema relativamente novo, onde não há vasta bibliografia para comparação acerca de modificações realizadas na composição da argamassa de chapisco, este trabalho introduz mais uma linha de estudo, dando os primeiros passos para uma nova tecnologia dos materiais

5.4 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Neste item serão discutidos os ensaios realizados para a avaliação do conjunto “substrato+chapisco+argamassa de revestimento”. Para a avaliação do sistema de revestimento foram realizados os ensaios de resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento e também uma avaliação da extensão de aderência através da análise de imagens realizada pela lupa estereoscópica.

5.4.1 Resistência de Aderência à Tração

Para melhor apresentação dos resultados de resistência de aderência à tração, como o uso de sílica ativa e aditivo retentor de água não são variáveis que se cruzam, ou seja, não são misturadas em uma mesma combinação, optou-se por apresentar os resultados de forma separada para a introdução de sílica ativa e para a introdução de aditivo retentor de água. Primeiramente, serão apresentadas as tabelas com valores individuais obtidos nos ensaios, bem como a forma de ruptura dos corpos-de-prova. Esta será apresentada afim de verificar o comportamento dos mesmos e, após, uma análise estatística de variância (ANOVA) para verificar estatisticamente a influência das variáveis independentes sobre a resistência de aderência do sistema de revestimento.

5.4.1.1 Resistência de Aderência à Tração: Influência da Sílica

As tabelas 57, 58, 59 e 60 apresentam, respectivamente, os valores individuais obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração para as combinações CB manual, CB mecanizada, DM manual, DM mecanizada, todas sem adição.

Tabela 57: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias

CB MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,62	51,86	15,63	16,39	161	0,75				100%		
2	52,27	52,40	18,30	19,71	117	0,54				100%		
3	52,31	52,09	15,26	15,66	86	0,40				100%		
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	52,42	52,00	13,97	16,43	130	0,61				100%		
6	52,15	52,41	13,61	17,40	54	0,25				100%		
7	52,00	52,20	15,76	20,43	79	0,37				100%		
8	51,97	51,90	15,63	19,89	65	0,31				100%		
9	52,28	52,51	17,20	20,51	71	0,33				100%		
10	52,26	52,22	15,83	19,98	147	0,69				100%		
11	52,14	52,37	13,84	18,66	84	0,39				100%		
12	52,20	52,05	14,52	17,18	120	0,56				100%		
13	53,74	53,82	6,68	7,91	155	0,68					100%	
14	54,43	54,50	15,36	20,20	181	0,78				100%		
15	54,78	54,48	16,10	18,28	53	0,23			100%			
16	54,14	54,27	13,31	22,36	121	0,52				100%		
17	54,19	54,63	18,49	23,50	89	0,38				100%		
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	53,64	54,51	13,76	12,82	104	0,45					100%	
20	54,05	53,35	7,74	14,04	145	0,64				100%		
21	53,97	54,08	13,33	17,84	93	0,41				100%		
22	54,29	54,26	11,27	15,15	135	0,58				100%		
23	54,34	54,41	16,28	19,45	77	0,33				100%		
24	53,71	53,92	10,96	18,76	109	0,48				100%		
Média					108	0,49						

Tabela 58: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias

CB MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,57	53,73	15,80	17,02	97	0,43				100%		
2	53,94	53,46	18,21	20,13	107	0,47				100%		
3	53,90	53,56	15,55	15,25	129	0,57				100%		
4	52,81	51,87	21,46	15,81	104	0,48				100%		
5	52,84	53,07	6,35	9,07	136	0,62					100%	
6	53,83	53,34	21,74	24,74	111	0,49				100%		
7	54,69	54,14	7,58	13,31	175	0,75					100%	
8	54,30	53,70	9,91	11,61	201	0,88					100%	
9	53,42	53,62	7,13	13,08	26	0,12					100%	
10	53,26	54,45	9,22	12,47	124	0,54					100%	
11	54,18	54,21	6,51	11,60	184	0,80					100%	
12	53,68	53,70	9,55	11,60	141	0,62					100%	
Média					128	0,56						

Tabela 59: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias

DM MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,17	51,76	17,15	20,73	100	0,47				100%		
2	51,97	51,89	18,32	21,52	86	0,41				100%		
3	51,83	52,40	18,62	22,22	77	0,36				100%		
4	51,99	52,02	19,04	22,85	70	0,33				100%		
5	53,16	52,05	21,16	24,94	131	0,60				100%		
6	52,40	52,10	20,74	22,51	98	0,46				100%		
7	51,95	51,67	14,00	17,65	120	0,57				100%		
8	51,95	51,63	16,17	17,14	67	0,32				100%		
9	51,85	51,78	14,77	19,52	35	0,17				100%		
10	51,80	51,98	16,82	19,51	79	0,37				100%		
11	52,35	51,60	15,49	20,75	102	0,48				100%		
12	52,72	52,87	18,51	20,97	83	0,38				100%		
13	54,12	53,98	15,88	16,31	127	0,55				100%		
14	54,22	54,25	18,80	19,11	120	0,52				100%		
15	54,26	54,12	17,69	15,89	121	0,52				100%		
16	53,84	53,93	17,64	18,55	105	0,46				100%		
17	53,96	54,23	17,46	19,31	148	0,64				100%		
18	54,11	54,43	17,26	19,48	129	0,56				100%		
19	54,04	53,58	22,03	17,99	65	0,29				100%		
20	54,15	54,20	15,64	20,21	101	0,44				100%		
21	54,01	53,97	18,57	22,23	62	0,27				100%		
22	53,99	54,06	14,78	17,86	136	0,59				100%		
23	53,63	54,29	18,26	20,87	128	0,56				100%		
24	54,06	53,81	13,83	18,66	175	0,77				100%		
Média					103	0,46						

Tabela 60: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias

DM MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,92	52,80	14,16	15,81	110	0,50				100%		
2	53,90	53,39	11,04	9,36	148	0,65				100%		
3	53,66	53,27	12,06	18,18	106	0,47				100%		
4	53,84	53,58	12,85	13,81	121	0,53				100%		
5	53,55	52,43	13,30	17,71	100	0,45				100%		
6	54,13	53,77	10,98	11,73	119	0,52				100%		
7	53,17	53,21	18,30	16,28	123	0,55				100%		
8	53,91	53,88	13,97	18,55	51	0,22				100%		
9	54,08	54,19	19,09	20,59	95	0,41				100%		
10	54,37	54,44	15,89	16,61	110	0,47				100%		
11	54,09	54,25	18,04	20,06	93	0,40				100%		
12	53,60	54,12	14,57	15,95	123	0,54				100%		
Média					108	0,48						

A partir das tabelas 57 à 60 é possível verificar, além dos valores da tensão de ruptura, a forma com que cada corpo-de-prova teve seu rompimento. Sendo para as combinações de chapisco com granulometria CB, para ambas as formas de aplicação, uma predominância de ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento, seguida por algumas rupturas na camada de argamassa de revestimento, esta principalmente na combinação

mecanizada. Já para as combinações de chapisco com granulometria DM, para as duas formas de aplicação, 100% das rupturas foram na interface chapisco/argamassa de revestimento. Ainda, para visualizar os corpos-de-prova, a figura 49 apresenta fotos de alguns destes submetidos à resistência de aderência à tração para estas combinações.

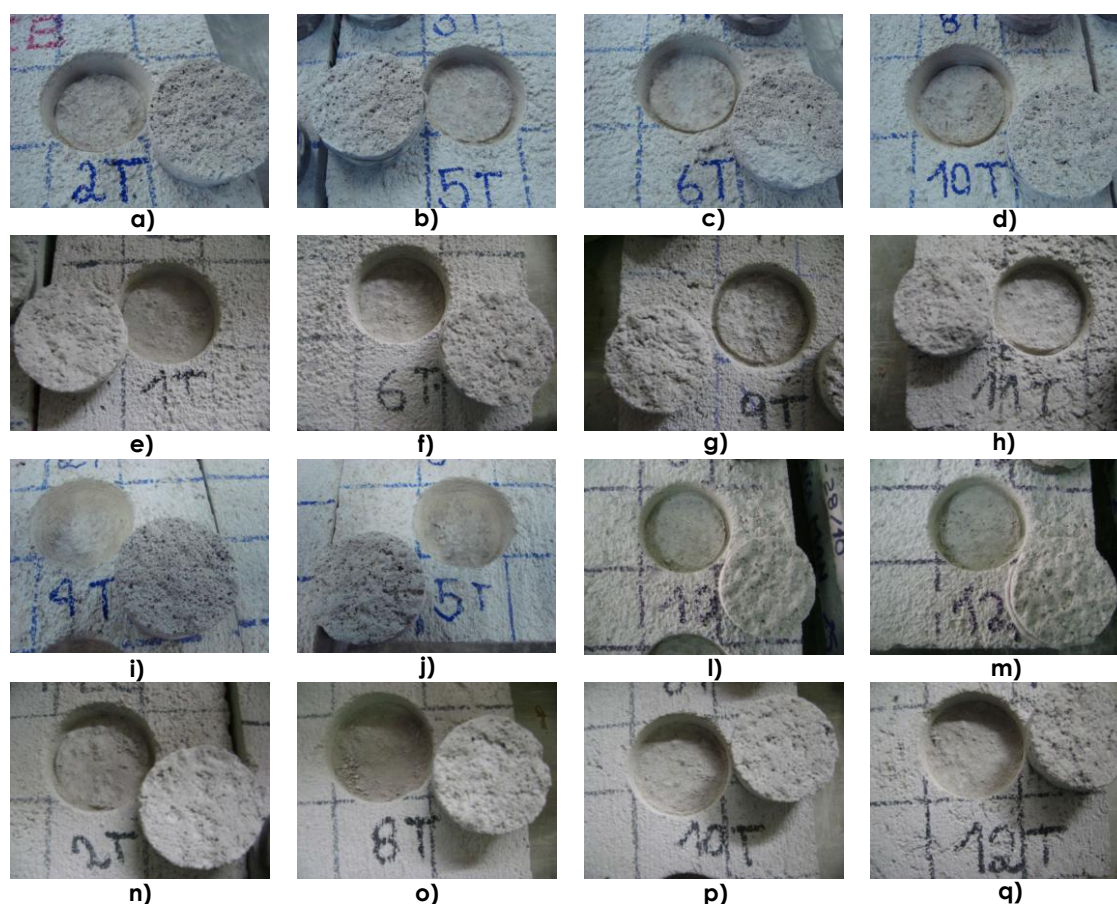


Figura 49: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual sem adição; (e à h) CB mecanizado sem adição; (i à m) DM manual sem adição e (n à q) DM mecanizado sem adição

Através da figura 49 é possível verificar o exposto pelas tabelas 57 à 60, sendo possível visualizar que, de fato, as rupturas ocorreram, em grande parte, na interface chapisco/argamassa de revestimento.

Da mesma forma que para as combinações sem adição, as combinações com a adição de sílica ativa foram devidamente organizadas em tabelas com apresentação da tensão de ruptura bem como a forma de ruptura dos corpos-de-prova. As tabelas 61, 62, 63 e 64 apresentam, respectivamente, os revestimentos contendo os chapisco com combinações CB manual com sílica ativa, CB mecanizado com sílica ativa, DM manual com sílica ativa e DM mecanizado com sílica ativa.

Tabela 61: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

CB com Sílica ativa MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	51,56	51,43	13,59	18,29	61	0,29				100%		
2	51,23	50,52	13,98	18,03	152	0,75				100%		
3	51,80	51,78	15,33	18,51	97	0,46				100%		
4	51,93	52,24	11,77	17,32	71	0,33				100%		
5	52,24	52,11	13,81	16,43	119	0,56				100%		
6	51,38	52,08	13,01	16,90	115	0,55				100%		
7	51,87	51,93	13,81	18,70	142	0,67				100%		
8	52,17	52,12	13,59	17,32	147	0,69				100%		
9	51,87	52,39	17,51	19,82	116	0,54				100%		
10	52,17	52,07	14,86	17,61	123	0,58				100%		
11	52,31	51,99	15,28	22,30	169	0,79				100%		
12	52,03	52,33	17,69	20,35	146	0,68				100%		
13	54,12	54,51	17,91	20,12	103	0,44				100%		
14	53,98	53,96	15,45	18,13	96	0,42				100%		
15	53,75	53,54	16,26	17,80	115	0,51				100%		
16	53,15	53,73	5,74	14,45	129	0,58					100%	
17	54,23	54,34	13,07	16,62	135	0,58				100%		
18	54,22	54,15	12,48	15,44	136	0,59					100%	
19	53,83	54,04	10,46	9,08	165	0,72					100%	
20	54,34	53,85	12,40	17,10	183	0,80					100%	
21	54,16	53,91	13,63	7,11	132	0,58					100%	
22	54,33	54,45	9,98	16,41	127	0,55				100%		
23	54,74	54,05	11,19	13,50	142	0,61					100%	
24	54,20	53,96	7,41	11,73	178	0,77					100%	
Média					129	0,58						

Tabela 62: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

CB com Sílica ativa MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,53	53,73	14,26	13,55	89	0,40				100%		
2	53,23	53,81	14,16	14,64	81	0,36				100%		
3	53,25	53,38	17,10	16,88	111	0,50				100%		
4	53,70	53,37	15,46	15,95	56	0,25				100%		
5	54,52	54,04	9,52	14,80	65	0,28					100%	
6	53,54	54,07	12,41	16,71	107	0,47				100%		
7	-	-	-	-	*		-	-	-	-	-	-
8	53,46	53,95	12,02	14,55	131	0,58				100%		
9	53,89	54,06	14,06	10,84	38	0,17					100%	
10	53,14	53,77	12,74	14,29	66	0,29				100%		
11	54,16	53,49	8,00	11,94	129	0,57				100%		
12	53,63	53,90	11,74	10,60	115	0,51					100%	
Média					90	0,40						

Tabela 63: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

DM com Sílica ativa MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,68	52,88	8,45	8,62	123	0,56					100%	
2	52,41	52,94	13,35	17,38	133	0,61				80%	20%	
3	52,69	52,63	8,80	9,86	118	0,54					100%	
4	51,39	53,24	16,70	17,48	139	0,65				100%		
5	53,42	52,78	16,83	18,89	115	0,52				100%		
6	52,63	53,21	20,24	16,93	87	0,40				100%		
7	50,04	51,71	7,77	9,03	113	0,56					100%	
8	52,40	52,42	13,20	9,98	139	0,64					100%	
9	52,37	52,80	17,13	17,89	104	0,48				100%		
10	53,50	53,48	20,13	21,01	125	0,56				100%		
11	51,40	52,01	17,50	14,82	108	0,51				100%		
12	52,83	53,68	20,06	21,85	111	0,50				100%		
13	54,49	54,29	19,58	12,09	102	0,44				100%		
14	54,42	54,44	17,87	15,58	125	0,54				100%		
15	54,11	54,36	15,00	18,62	120	0,52				100%		
16	54,71	54,30	13,99	19,12	159	0,68				100%		
17	54,04	54,07	19,55	16,45	145	0,63				100%		
18	54,14	54,09	15,61	19,63	138	0,60				100%		
19	54,28	54,41	15,67	20,43	138	0,59				100%		
20	54,04	54,08	17,14	21,35	135	0,59				100%		
21	54,01	54,28	21,71	16,10	120	0,52				100%		
22	54,06	54,29	16,90	19,52	150	0,65				100%		
23	54,25	54,36	19,06	19,72	107	0,46				100%		
24	54,67	54,13	18,54	21,15	140	0,60				100%		
Média					125	0,56						

Tabela 64: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

DM com Sílica ativa MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,29	53,60	14,64	20,33	121	0,54				100%		
2	53,17	53,30	13,24	19,41	173	0,78				100%		
3	53,64	52,39	15,15	18,45	149	0,67				100%		
4	53,91	53,72	10,93	15,39	124	0,55				100%		
5	53,13	53,07	6,77	9,76	146	0,66					100%	
6	53,70	54,08	7,70	17,60	128	0,56				70%	30%	
7	53,90	54,41	21,21	15,52	152	0,66				100%		
8	54,06	54,26	15,92	19,25	136	0,59				100%		
9	53,67	54,09	11,33	18,82	151	0,66				80%	20%	
10	54,25	54,30	15,10	16,95	129	0,56				100%		
11	53,37	54,19	8,66	18,53	121	0,53				50%	50%	
12	54,22	54,03	14,04	11,71	102	0,44				100%		
Média					136	0,60						

Para as combinações com adição de sílica ativa a predominância da forma de ruptura é na interface chapisco/argamassa de revestimento seguida por algumas, em número bem menor, rupturas na argamassa de revestimento. Na figura 50 estão as fotos correspondentes ao ensaio de resistência de aderência à tração para estas combinações.



Figura 50: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual com sílica; (e à h) CB mecanizado com sílica; (i à m) DM manual com sílica e (n à q) DM mecanizado com sílica

As fotos da figura 50 ilustram de forma clara o que está exposto nas tabelas 61 à 64, ou seja, as rupturas ocorreram, na maioria, entre a interface chapisco/argamassa de revestimento.

Com os dados obtidos, foi realizada uma análise de variância (ANOVA), considerando um nível de significância de 5%, através do mesmo software anteriormente mencionado, o STATÍSTICA 7 (tabela 65).

Tabela 65: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,00814	0,462	0,498098	NS
Forma de Aplicação	1	0,00459	0,260	0,610980	NS
Uso de Sílica	1	0,04288	2,431	0,121367	NS
Granulometria*Forma de Aplicação	1	0,05613	3,182	0,076738	NS
Granulometria*Uso de Sílica	1	0,15777	8,943	0,003319	S
Forma de Aplicação*Uso de Sílica	1	0,11164	6,329	0,013069	S
Granulometria*Forma de Aplicação*Uso de Sílica	1	0,16868	9,562	0,002420	S
Erro	133	0,01764			

Através da análise de variância foi possível caracterizar a significância das variáveis de resposta sobre a resistência de aderência à tração do sistema de revestimento. Mostrou-se que, isoladamente, nenhuma das variáveis promoveu mudanças significativas na resistência de aderência à tração. Porém, a sílica ativa mostrou influenciar significativamente quando em combinação com a granulometria e forma de aplicação.

A figura 51 apresenta a influência gerada na resistência de aderência à tração pela interação entre a introdução de sílica ativa e a granulometria.

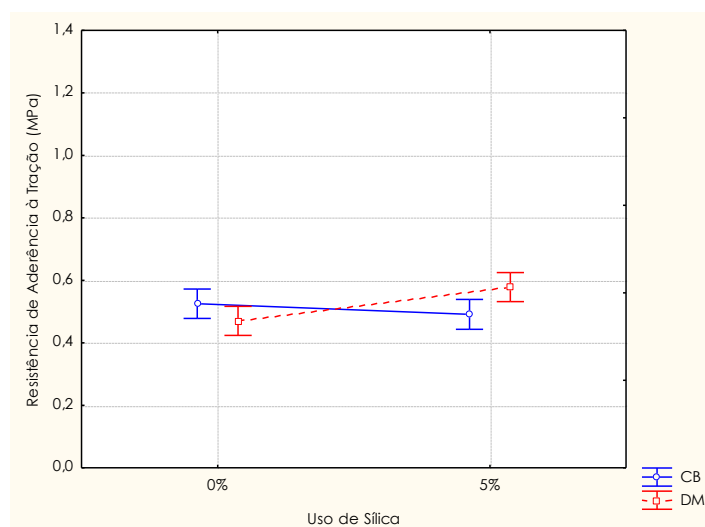


Figura 51: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa e a granulometria das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

A figura 52 apresenta a influência gerada na resistência de aderência à tração pela interação entre a introdução de sílica ativa e forma de aplicação.

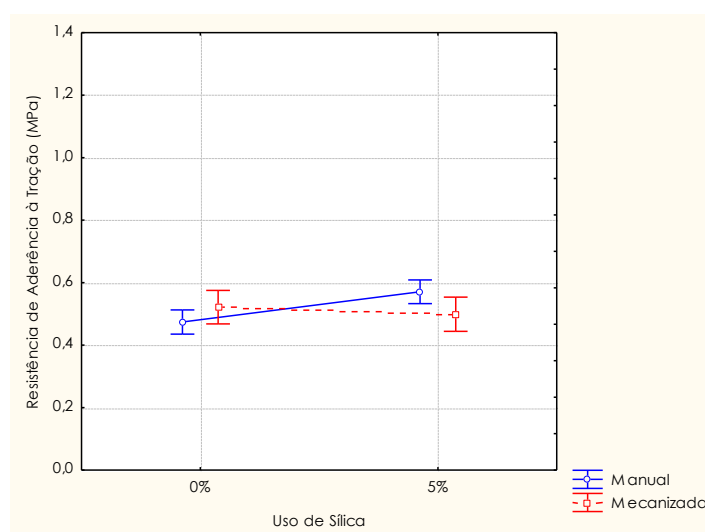


Figura 52: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa e a forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

A aplicação mecanizada foi utilizada com o intuito de uniformizar a camada de chapisco de forma a proceder melhor a distribuição desta e manter uma energia de impacto constante ao longo da aplicação. No entanto, diferentemente do esperado esta não foi capaz de uma constância, este resultado está melhor explicado a seguir.

A figura 53 apresenta a influência gerada na resistência de aderência à tração pela interação entre todas as variáveis: introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação dos chapiscos.

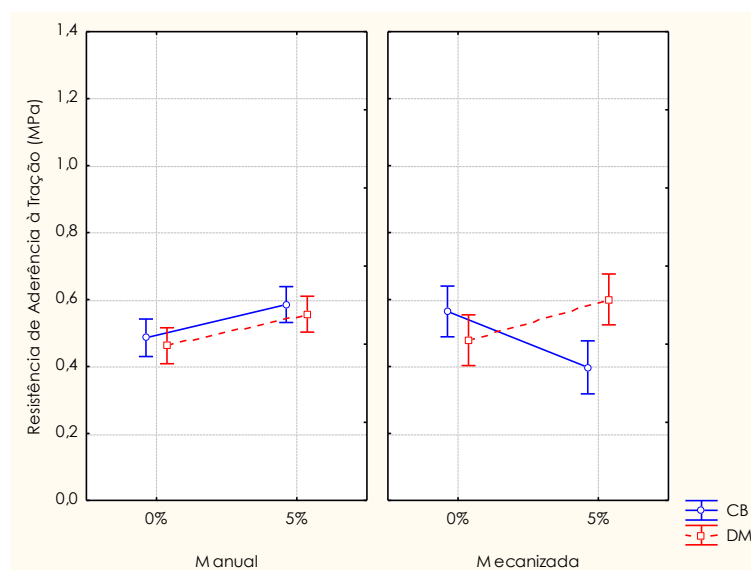


Figura 53: Influência da interação entre a introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

Através das figuras 51, 52 e 53 é possível fazer algumas considerações acerca dos resultados obtidos. Primeiramente, sobre a introdução da sílica ativa, nota-se que para a aplicação manual a tendência, para ambas as granulometrias, é de aumento ao introduzir 5% de sílica. Já, para a aplicação mecanizada, a introdução de sílica promove uma variação nos resultados, sendo uma tendência ao aumento para a granulometria DM e uma queda para a granulometria CB. Esta tendência observada para a granulometria CB não era esperada, esperava-se que a introdução de sílica ativa aumentasse os valores de resistência de aderência à tração, ou mesmo esperava-se que a tendência fosse essa. Sendo este acontecimento, possivelmente, atribuído a forma de aplicação mecanizada a qual não gerou o resultado esperado uma vez que não foi capaz de manter constante a camada de chapisco.

Segundo, quanto a forma de aplicação, a diferença de comportamento na aplicação mecanizada pode ter sido ocasionada pela falta de homogeneização da camada de chapisco proporcionada pela mesma. A idéia da utilização da projeção mecanizada foi proposta para que a mesma promovesse uma melhoria através constância de espessura,

distribuição e energia de lançamento da camada de chapisco; porém, durante a execução, para as características de chapisco utilizado, a projeção mecanizada, realizada com o equipamento de recipiente acoplado, a canequinha, mostrou-se ineficiente, pois não conseguiu a uniformização da camada. Os principais problemas observados durante a aplicação foram ao colocar a mistura no recipiente e a forma com que ocorria a saída do chapisco pelos orifícios do mesmo. Ao colocar o chapisco no recipiente este escorria pelos orifícios durante o processo pois, diferentemente da argamassa de revestimento que possui relação água/cimento baixa, o chapisco possui grande quantidade de água o que o torna bem mais fluido; e, no momento da aplicação, diferente do esperado, não foi possível manter uma constância na energia de lançamento pois ao entrar o ar comprimido este causava um efeito de “espirro” a argamassa de chapisco ao ser expulsa do projetor, formava sobre o substrato algumas áreas com aglomeração de massa e outras de mistura quase que inexistente, sendo por esse motivo difícil manter a uniformidade da camada e garantir o efeito da aplicação bem como dos resultados obtidos.

5.4.1.2 Resistência de Aderência à Tração: Influência do Aditivo Retentor de Água

Para a análise da influência da introdução do aditivo retentor de água no chapisco sobre a resistência de aderência à tração, cujos procedimentos de ensaio foram os mesmos utilizados para a análise da influência da sílica, os resultados obtidos foram inseridos em tabelas, para visualização do comportamento e, em seguida, foi realizada a análise de variância.

As tabelas 66, 67, 68 e 69 apresentam, respectivamente, os valores individuais de resistência de aderência à tração para os revestimentos com as combinações de chapisco CB manual, CB mecanizado, DM manual, DM mecanizado, todos com a introdução de aditivo retentor de água.

Tabela 66: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,63	53,78	14,52	17,81	147	0,65				100%		
2	52,78	52,85	4,45	7,57	205	0,94					100%	
3	53,73	53,39	13,81	16,30	220	0,98				100%		
4	52,51	52,72	16,69	18,47	140	0,64				100%		
5	53,85	54,05	13,83	17,26	174	0,76				100%		
6	52,24	52,16	14,98	18,39	173	0,81				100%		
7	53,22	53,59	10,82	16,02	183	0,82				50%	50%	
8	53,91	53,82	5,61	6,97	194	0,85					100%	
9	53,79	53,75	16,54	19,06	155	0,68					100%	
10	53,61	53,94	15,52	16,45	153	0,67					100%	
11	52,74	52,94	6,81	7,78	130	0,59					100%	
12	53,70	53,84	13,12	17,78	161	0,71					100%	
13	54,94	54,90	19,32	13,99	217	0,92		100%				
14	55,11	54,82	20,41	19,59	178	0,75		90%		10%		
15	54,97	54,73	19,49	17,15	183	0,77		100%				
16	54,85	54,87	20,92	15,18	160	0,68		50%		50%		
17	55,04	54,72	18,45	20,03	200	0,85		95%		5%		
18	54,89	54,88	21,52	13,72	194	0,82		90%	10%			
19	54,88	54,86	20,32	25,05	167	0,71		100%				
20	54,92	54,80	14,22	24,38	160	0,68		70%		30%		
21	54,91	54,67	19,20	24,09	116	0,49		100%				
22	54,89	54,85	20,75	23,11	165	0,70		100%				
23	54,75	54,91	16,24	22,73	122	0,52		100%				
24	54,95	54,87	19,40	13,82	132	0,56		95%		5%		
Média					168	0,73						

Tabela 67: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,08	54,46	16,76	13,25	147	0,64				100%		
2	54,55	54,47	6,78	11,86	198	0,85					100%	
3	54,00	53,75	12,51	16,23	140	0,61				100%		
4	54,41	54,98	15,15	11,16	201	0,86				100%		
5	54,11	54,40	11,54	16,12	147	0,64				100%		
6	54,21	53,96	7,45	12,63	149	0,65					100%	
7	54,19	53,86	10,86	11,73	208	0,91		50%		50%		
8	54,14	54,24	7,39	12,85	192	0,83					100%	
9	54,18	54,37	9,60	14,67	179	0,77					100%	
10	54,05	53,85	10,75	14,46	168	0,73		10%		90%		
11	53,58	55,93	8,45	9,48	149	0,63					90%	10%
12	54,05	51,30*	6,35	10,23	191	0,83					95%	5%
Média					172	0,75						

Tabela 68: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água MANUAL												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,20	52,31	16,58	17,20	111	0,51				80%	20%	
2	52,48	53,59	15,08	14,96	167	0,76					100%	
3	53,11	53,78	18,87	17,76	114	0,51					100%	
4	53,41	53,40	15,94	15,19	98	0,44					100%	
5	54,06	54,07	22,49	20,68	128	0,56		100%				
6	52,90	53,19	12,75	16,17	121	0,55					100%	
7	53,71	53,65	18,15	13,46	160	0,71					100%	
8	53,23	52,94	16,45	16,21	198	0,89					100%	
9	53,24	53,74	20,03	20,74	99	0,44				100%		
10	53,34	53,37	18,04	16,76	182	0,81					100%	
11	53,40	53,67	21,69	22,02	164	0,73				100%		
12	53,78	53,06	17,07	18,96	157	0,70				100%		
13	54,85	55,07	16,32	15,55	149	0,63		100%				
14	54,85	54,66	17,89	18,48	175	0,74		100%				
15	54,90	54,95	14,82	17,10	158	0,67		100%				
16	54,93	54,66	9,30	16,32	151	0,64		100%				
17	54,78	54,86	18,43	17,22	134	0,57		100%				
18	54,57	51,28	10,60	12,97	111	0,50		100%				
19	54,93	54,87	22,22	20,11	119	0,50		100%				
20	55,13	54,85	17,47	23,85	163	0,69		100%				
21	54,88	55,03	19,38	21,76	140	0,59		100%				
22	54,86	54,82	18,84	23,61	115	0,49		100%				
23	54,86	54,98	18,00	20,95	150	0,63		20%		80%		
24	55,13	54,98	16,25	22,73	132	0,55		100%				
Média					142	0,62						

Tabela 69: Valores individuais de resistência de aderência à tração para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água MECANIZADO												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,02	54,20	8,11	15,56	221	0,96				50%	50%	
2	54,28	53,89	11,32	17,03	204	0,89				100%		
3	54,50	54,57	8,84	14,25	199	0,85					100%	
4	54,17	54,37	10,12	18,12	242	1,05				100%		
5	54,35	54,63	13,19	5,50	219	0,94					100%	
6	54,33	54,27	7,70	12,91	233	1,01					100%	
7	53,69	53,86	17,05	13,95	166	0,73				100%		
8	54,39	54,20	7,84	15,50	196	0,85					100%	
9	54,05	54,08	17,02	13,58	194	0,85				100%		
10	54,33	54,38	13,33	19,40	196	0,84				100%		
11	53,72	54,24	11,08	18,98	212	0,93					100%	
12	54,34	54,13	14,16	20,96	120	0,52				100%		
Média					200	0,87						

A figura 54 apresenta alguns corpos-de-prova que foram arrancados à tração para estas combinações com uso de aditivo retentor de água.

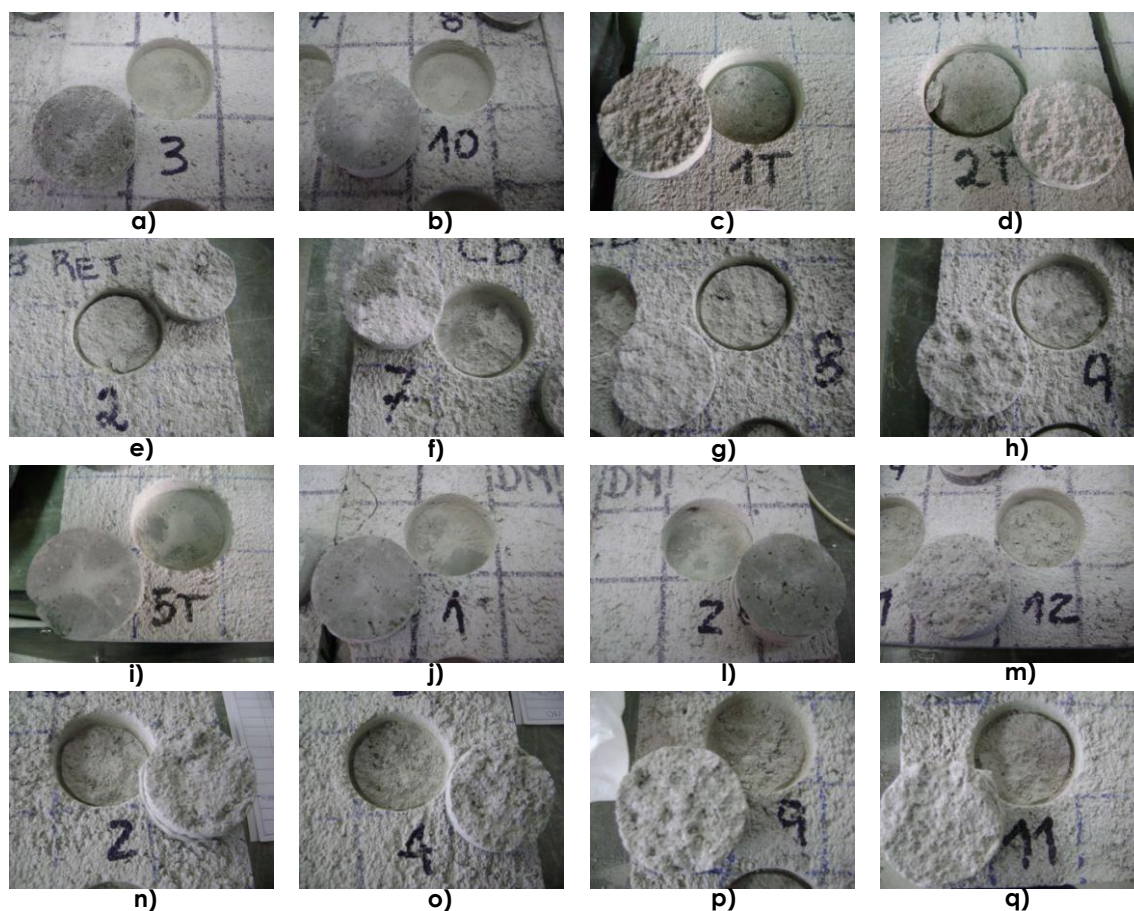


Figura 54: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias: (a à d) CB manual com retentor de água; (e à h) CB mecanizado com retentor de água; (i à m) DM manual com retentor de água e (n à q) DM mecanizado com retentor de água

Com as informações fornecidas pelas tabelas 66 à 69 e pelas fotos da figura 54, nota-se que a adição de aditivo retentor de água promove formas de rupturas mais variadas. Para ambas as granulometrias CB e DM, com aplicação mecanizada, as rupturas ocorreram na interface chapisco/argamassa de revestimento e na própria argamassa de revestimento, entorno de 50% para cada. Já para a aplicação manual, as formas de ruptura foram mais variadas, sendo as de maior ocorrência na interface substrato de concreto/chapisco, seguida por rupturas na interface chapisco/argamassa de revestimento e na camada de argamassa de revestimento.

Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para verificação da influência das variáveis do chapisco na resistência de aderência à tração do sistema de revestimento (tabela 70).

Tabela 70: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,02074	1,082	0,300148	NS
Forma de Aplicação	1	0,25872	13,495	0,000345	S
Aditivo Retentor de Água	1	1,86579	97,317	0,000000	S
Granulometria*Forma de Aplicação	1	0,05915	3,085	0,081298	NS
Granulometria*Ad. Retentor de Água	1	0,02731	1,424	0,234814	NS
Forma de Aplicação*Ad. Retentor de Água	1	0,05772	3,010	0,085028	NS
Granulometria*Forma de Aplicação*Ad. Ret. de Água	1	0,17497	9,126	0,003019	S
Erro	134	0,01917			

Através da análise de variância foi possível verificar que, isoladamente, somente a forma de aplicação e a introdução de aditivo retentor de água no chapisco mostraram influenciar significativamente na resistência de aderência à tração.

As figuras 55 e 56 apresentam, respectivamente, os gráficos obtidos através da análise estatística para as variáveis forma de aplicação e uso de aditivo retentor de água, isoladamente.

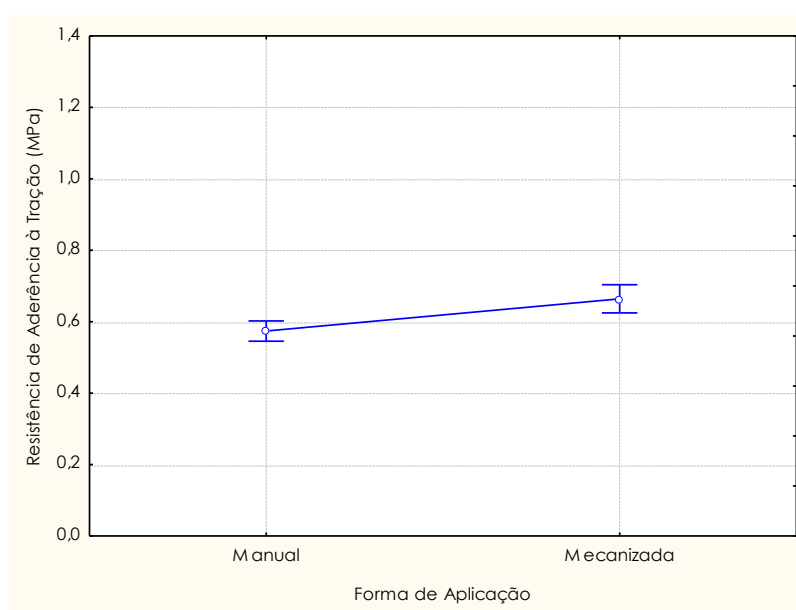


Figura 55: Influência da forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração aos 28 dias

A figura 55 demonstra que a aplicação mecanizada teve um valor significativamente maior do que a aplicação manual. Este acréscimo é influenciado principalmente pela combinação do chapisco de granulometria DM com aplicação mecanizada, melhor visualizado na figura 57.

Na figura 56 nota-se um aumento acentuado na resistência de aderência à tração quando é utilizado o aditivo retentor de água na mistura.

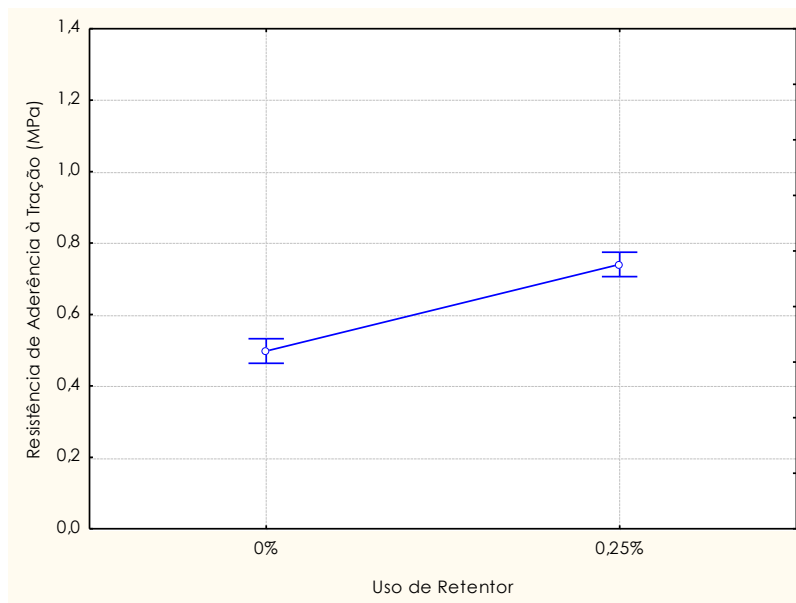


Figura 56: Influência da introdução de aditivo retentor de água nas argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração aos 28 dias

A figura 57 apresenta graficamente o efeito da interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água na resistência de aderência à tração.

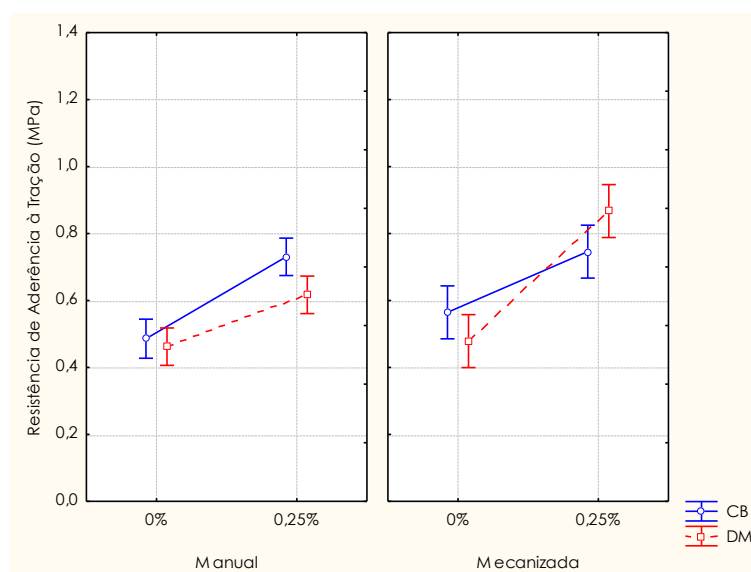


Figura 57: Influência da interação entre a introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência à tração

Através das figuras 55 e 56, juntamente com a figura 57, é possível perceber que, para ambas as granulometrias e formas de aplicação, a introdução de aditivo retentor de água ocasionou um incremento de resistência de aderência à tração. Esta melhoria pode ser atribuída a duas conseqüências da introdução deste tipo de aditivo. Primeiro, o mesmo causou uma diminuição na fluidez do chapisco e, segundo, o aumento na retenção de água que promoveu a diminuição nas perdas prematuras de água tanto para o meio

ambiente como para a base a qual o mesmo foi aplicado, sendo então possível que isso tenha possibilitado uma melhoria nos processos de hidratação e conformação dos produtos oriundos desta hidratação do cimento. Vale salientar que na avaliação das propriedades dos chapiscos, com introdução do aditivo retentor de água, a incorporação de ar prejudica as propriedades mecânicas do mesmo, no entanto, quando avaliada esta interação nos sistema de revestimento este causou melhorias, ou seja, isto mostra a importância da avaliação da mistura sobre o substrato, sendo a avaliação exclusiva da propriedade pode levar a conclusões errôneas.

Ainda, é possível perceber que entre granulometrias não houve mudanças significativas, já, para as formas de aplicação, a introdução de aditivo retentor de água proporcionou diferenças com maior significância para a aplicação mecanizada, em especial para os chapiscos confeccionados com a granulometria DM. Isso pode ser explicado pois a introdução do aditivo retentor de água no chapisco modificou drasticamente a fluidez do mesmo, tornando sua fluidez semelhante as das argamassas de revestimento. Sendo assim, a melhoria vista na aplicação mecanizada ao introduzir o aditivo pode ser efeito da melhoria na aplicabilidade deste com esta técnica, possivelmente melhorando a uniformidade da camada, pois, diferentemente do ocorrido com outras combinações (sem adição e com adição de sílica ativa), a dificuldade de execução, inserção do material no recipiente e a forma com que o mesmo era expelido do projetor, não mostrou-se tão expressiva após introdução do aditivo.

5.4.2 Resistência de Aderência ao Cisalhamento

A apresentação dos resultados e análises dos dados obtidos seguiram os mesmos critérios utilizados para a exposição dos resultados de resistência de aderência à tração, estes estão presentes nos itens que se seguem.

5.4.2.1 Resistência de Aderência ao Cisalhamento: Influência da Sílica

Os valores individuais obtidos para a resistência de aderência ao cisalhamento foram organizados em tabelas para que fosse possível verificar a tensão de ruptura bem como a forma de ruptura com que a mesma ocorreu. As tabelas 71, 72, 73 e 74 contém, respectivamente, os resultados obtidos para os revestimentos com as combinações de chapisco CB manual, CB mecanizado, DM manual e DM mecanizado, todos sem adições.

Tabela 71: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias

CB MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,23	52,36	14,95	14,78	132	0,61				100%		
2	52,60	52,51	17,05	16,56	204	0,94				100%		
3	53,10	52,38	14,56	15,26	115	0,53		5%		95%		
4	53,02	52,08	17,36	18,04	150	0,69		5%		95%		
5	50,78	51,65	14,47	14,66	145	0,70		10%		90%		
6	52,73	53,14	15,83	16,47	134	0,61				100%		
7	53,87	54,06	24,90	23,99	217	0,95		85%		15%		
8	53,74	53,71	20,93	17,39	234	1,03		30%		70%		
9	53,34	53,88	20,30	21,03	184	0,82				100%		
10	53,88	53,57	18,93	18,59	166	0,73				100%		
11	52,55	52,48	19,21	21,84	152	0,70		5%		95%		
12	54,07	53,97	17,70	20,34	215	0,94		40%		60%		
13	54,30	54,14	12,17	14,55	147	0,64		90%		10%		
14	53,68	53,76	11,26	15,79	139	0,61		80%		20%		
15	54,39	54,43	11,01	17,14	169	0,73				100%		
16	54,50	54,40	11,12	18,61	142	0,61					100%	
17	53,20	54,17	9,26	17,75	158	0,70		5%		95%		
18	52,33	52,68	13,00	19,32	159	0,73		40%		60%		
19	54,04	54,21	8,36	16,32	144	0,63		50%		50%		
20	54,29	54,43	5,03	12,91	120	0,52		30%		70%		
21	54,16	54,38	6,55	13,16	140	0,61				100%		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	54,90	54,19	5,18	13,03	148	0,63		80%		20%		
24	54,60	54,51	7,60	7,87	90	0,39		100%				
Média					157	0,70						

Tabela 72: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias

CB MECANIZADO												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,41	54,10	16,58	19,29	87	0,38				100%		
2	53,80	53,74	13,84	16,30	97	0,43		30%		70%		
3	53,80	53,95	17,84	20,02	66	0,29				100%		
4	54,09	53,81	11,34	15,70	126	0,55				100%		
5	54,03	53,83	18,80	21,55	92	0,40				100%		
6	53,79	54,09	15,08	16,77	111	0,49				100%		
7	53,87	54,05	21,28	21,56	92	0,40				100%		
8	53,19	53,65	20,61	21,32	93	0,41				100%		
9	53,73	53,86	19,85	21,56	50	0,22				100%		
10	53,61	54,00	21,81	19,44	55	0,24				100%		
11	53,78	53,37	21,76	22,17	83	0,37				100%		
12	53,74	54,11	20,88	21,82	73	0,32				100%		
Média					85	0,38						

Tabela 73: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, sem adições, aos 28 dias

DM MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,60	53,55	18,00	18,40	137	0,62		5%		95%		
2	52,75	52,78	21,36	20,33	131	0,60				100%		
3	53,60	53,71	18,62	20,00	102	0,45				100%		
4	53,53	53,11	21,91	22,36	86	0,39				100%		
5	53,44	52,84	19,43	19,16	119	0,54				100%		
6	53,89	53,50	21,91	21,15	131	0,58				100%		
7	53,44	53,29	19,1	19,36	121	0,54		5%		95%		
8	53,35	53,20	18,67	18,47	181	0,81				100%		
9	53,87	53,82	19,65	21,22	93	0,41				100%		
10	54,20	53,90	18,42	19,91	193	0,84				100%		
11	53,75	52,90	21,84	20,61	133	0,60				100%		
12	53,77	53,95	20,19	21,38	102	0,45				100%		
13	53,98	54,03	6,14	13,01	138	0,60		50%			50%	
14	53,97	53,98	12,68	15,58	83	0,36		50%		50%		
15	54,00	54,16	9,92	12,94	111	0,48				100%		
16	53,91	54,08	7,73	17,61	134	0,59		5%		95%		
17	53,94	54,04	13,88	9,98	160	0,70				100%		
18	54,16	53,47	11,60	10,14	230	1,01				100%		
19	54,06	54,2	11,52	13,05	83	0,36				100%		
20	54,20	53,70	10,80	12,43	108	0,47				100%		
21	52,24	53,89	12,75	16,68	71	0,32				100%		
22	54,08	53,94	8,35	11,41	98	0,43				100%		
23	53,93	54,24	12,06	11,74	76	0,33				100%		
24	54,29	53,71	8,23	11,91	100	0,44				100%		
Média					122	0,54						

Tabela 74: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, sem adições, aos 28 dias

DM MECANIZADO												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,67	53,74	17,44	18,61	92	0,41				100%		
2	52,73	53,11	17,95	18,01	83	0,38				100%		
3	53,44	53,21	17,42	19,54	89	0,40				100%		
4	53,27	53,36	16,49	19,79	88	0,39				100%		
5	53,93	54,09	20,01	19,50	72	0,31				100%		
6	53,06	53,54	19,30	19,72	56	0,25				100%		
7	53,33	53,43	15,06	14,76	94	0,42				100%		
8	53,55	53,40	16,78	17,04	94	0,42				100%		
9	52,73	53,35	13,76	14,55	83	0,38				100%		
10	53,49	53,65	14,93	15,42	75	0,33				100%		
11	53,62	52,81	11,07	12,29	75	0,34				100%		
12	53,60	53,06	13,54	13,43	73	0,33				100%		
Média					81	0,36						

A figura 58 apresenta algumas fotos dos corpos-de-prova, para estas combinações acima citadas, após a realização dos ensaios de resistência de aderência ao cisalhamento.

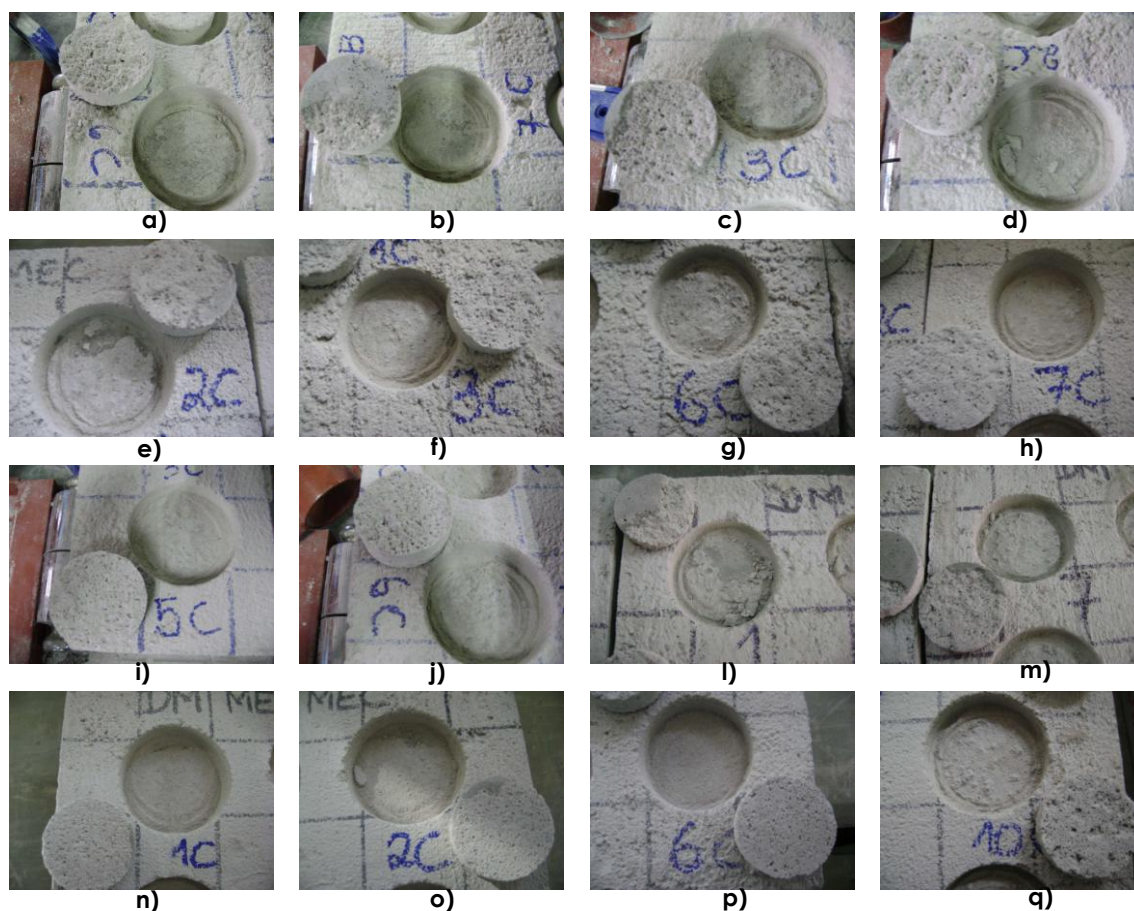


Figura 58: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual sem adição; (e à h) CB mecanizado sem adição; (i à m) DM manual sem adição e (n à q) DM mecanizado sem adição

A forma de ruptura predominante, descrita nas tabelas 71 à 74 e observada na figura 58, para a resistência de aderência ao cisalhamento, para as combinações do chapisco sem adições CB mecanizada, DM manual e DM mecanizada foi, principalmente, na interface chapisco/argamassa de revestimento e para o chapisco CB manual foi, aproximadamente, 50% na interface substrato/chapisco e 50% chapisco/argamassa de revestimento.

Da mesma forma, os revestimentos com as combinações de chapisco contendo sílica ativa, foram enumerados em tabelas para visualização dos valores de tensão de ruptura e forma da mesma. Nas tabelas 75, 76, 77 e 78 respectivamente, estão os resultados de resistência de aderência ao cisalhamento para CB manual, CB mecanizado, DM manual e DM mecanizado, todos com adição de sílica ativa.

Tabela 75: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

CB com Sílica ativa MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	52,59	52,86	16,03	19,50	188	0,86		10%		90%		
2	52,95	52,98	15,25	18,08	173	0,79				100%		
3	52,98	52,86	16,34	19,19	161	0,73		5%		95%		
4	52,91	52,62	18,45	13,41	141	0,64			10%	90%		
5	52,66	52,58	18,54	21,59	142	0,65				100%		
6	52,25	52,11	15,6	17,98	161	0,75				100%		
7	53,90	53,61	12,64	16,58	261	1,15		50%		50%		
8	53,34	53,22	17,35	14,11	261	1,17				100%	100%	
9	53,57	53,73	11,08	14,09	170	0,75			10%	90%		
10	52,21	52,27	17,74	15,74	171	0,80				100%	100%	
11	53,39	53,17	11,68	13,69	202	0,91		5%		95%	100%	
12	53,68	53,77	14,86	16,99	248	1,09				100%		
13	53,82	54,15	15,02	19,61	126	0,55				100%		
14	53,76	53,62	15,90	20,92	121	0,53				100%		
15	54,19	54,30	13,66	18,95	115	0,50				100%		
16	53,61	54,28	16,25	21,80	115	0,50				100%		
17	53,90	54,08	10,90	18,94	133	0,58		5%		95%		
18	53,45	54,02	11,98	20,04	161	0,71				100%		
19	55,52	54,11	7,86	14,02	138	0,58		50%		50%		
20	50,78	54,30	12,95	17,80	95	0,44		5%		95%		
21	54,24	54,39	11,98	10,78	47	0,20				100%		
22	54,21	54,36	10,19	11,40	140	0,60				100%		
23	54,35	54,42	16,62	17,06	150	0,65						
24	54,19	54,53	14,74	12,34	114	0,49				100%		
Média					156	0,69						

Tabela 76: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

CB com Sílica ativa MECANIZADO												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,37	53,33	14,69	17,83	86	0,38				100%		
2	54,03	53,88	8,74	11,82	118	0,52				100%		
3	53,84	53,78	14,02	18,01	93	0,41				100%		
4	54,25	54,13	8,92	10,61	96	0,42				100%		
5	53,79	53,77	14,35	17,80	82	0,36				100%		
6	53,89	53,82	10,45	12,31	118	0,52				100%		
7	53,73	54,07	13,02	13,87	121	0,53				100%		
8	53,91	53,93	13,21	13,67	130	0,57				100%		
9	54,44	53,89	14,95	12,79	140	0,61				100%		
10	53,74	54,50	10,90	13,39	85	0,37				100%		
11	54,06	53,69	12,67	12,93	87	0,38				100%		
12	53,51	53,87	15,47	13,56	120	0,53				100%		
Média					106	0,47						

Tabela 77: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

DM com Sílica ativa MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,05	53,82	20,32	20,08	103	0,45				100%		
2	50,80	50,80	18,71	20,11	102	0,50				100%		
3	53,58	53,20	20,00	18,53	36	0,16				100%		
4	54,48	53,76	17,15	18,30	185	0,80				100%		
5	53,44	53,86	22,27	23,58	63	0,28				100%		
6	50,52	53,32	18,10	17,64	266	1,26				100%		
7	52,24	53,98	12,84	12,99	142	0,64				100%		
8	52,89	52,81	11,77	13,81	153	0,70		5%		95%		
9	53,42	53,31	13,55	17,36	166	0,74				100%		
10	54,07	53,56	13,96	13,56	129	0,57				100%		
11	53,08	53,66	17,72	17,96	175	0,78				100%		
12	53,34	53,29	15,74	17,63	156	0,70				100%		
13	51,93	53,43	16,25	20,13	166	0,76		20%	80%			
14	53,67	53,96	17,54	21,72	96	0,42				100%		
15	54,09	54,07	14,29	17,30	23	0,10		90%	10%			
16	53,22	53,91	17,78	19,32	44	0,20				100%		
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	53,92	51,90	13,41	18,42	67	0,30				100%		
19	54,31	55,01	9,54	15,79	129	0,55				100%		
20	53,92	54,28	14,52	18,30	123	0,54				100%		
21	54,27	54,25	8,84	14,04	115	0,50				100%		
22	54,42	54,18	13,91	16,61	91	0,39				100%		
23	53,96	54,32	11,54	15,67	98	0,43		80%		20%		
24	53,31	54,66	13,39	17,24	92	0,40				100%		
Média					118	0,53						

Tabela 78: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de sílica ativa, aos 28 dias

DM com Sílica ativa MECANIZADO												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,06	54,21	18,43	18,62	87	0,38				100%		
2	54,35	54,05	19,90	20,41	110	0,48				100%		
3	54,30	54,46	17,15	15,85	101	0,43				100%		
4	54,15	53,03	18,47	15,03	62	0,27				100%		
5	53,74	54,21	16,73	14,22	131	0,57				100%		
6	53,82	54,46	15,18	20,54	117	0,51				100%		
7	52,98	52,55	11,67	18,82	111	0,51		15%		85%		
8	53,91	53,09	16,54	14,50	123	0,55				100%		
9	54,46	54,06	17,10	18,96	157	0,68				100%		
10	54,21	54,36	9,68	18,73	171	0,74		50%		50%		
11	53,91	54,37	14,18	18,97	156	0,68				100%		
12	55,07	53,91	13,78	19,60	165	0,71				100%		
Média					124	0,54						

A figura 59 demonstra as formas de ruptura mencionadas nas tabelas 75 à 78.

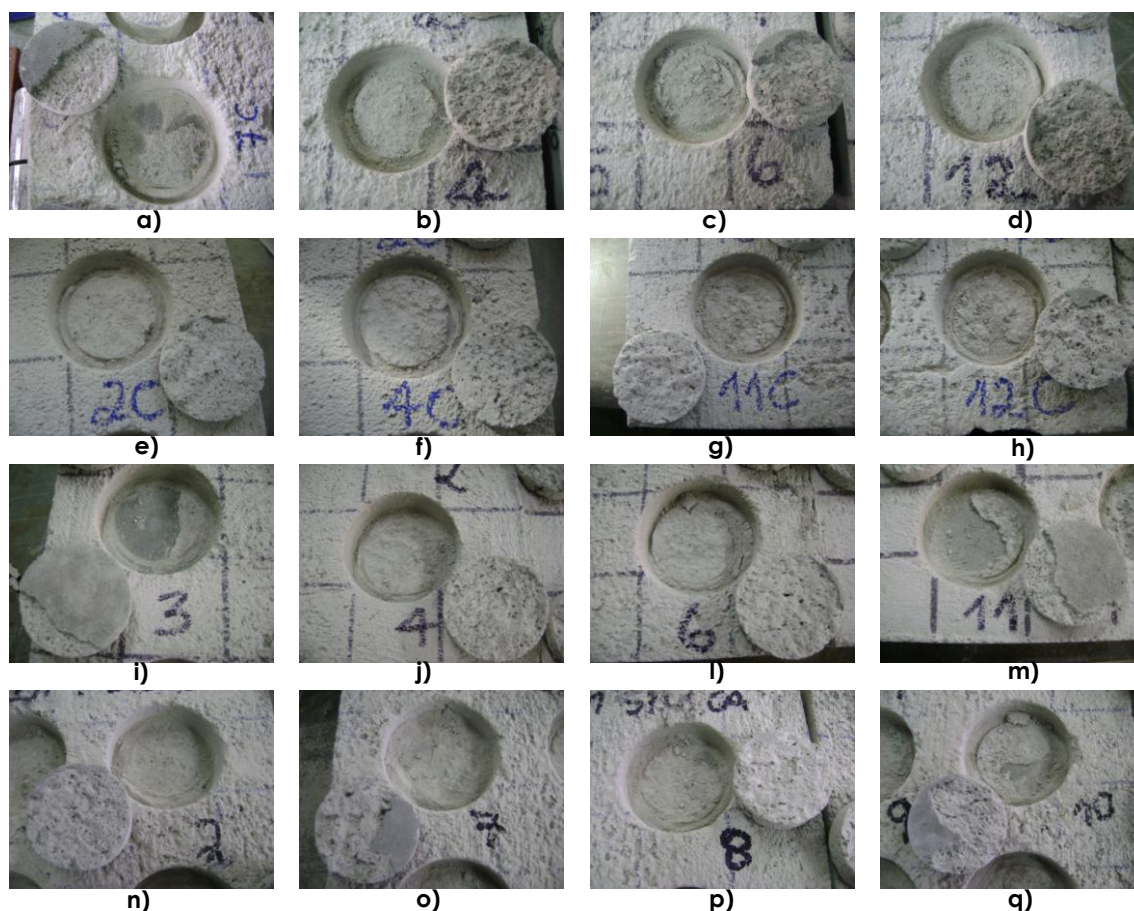


Figura 59: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual com sílica; (e à h) CB mecanizado com sílica; (i à m) DM manual com sílica e (n à q) DM mecanizado com sílica

Através das tabelas 75 à 78 e da figura 59, nota-se que, da mesma forma que para os chapiscos sem adição, a forma de ruptura registrada com maior frequência para as combinações de chapisco com adição de sílica ativa, submetidos a resistência de aderência ao cisalhamento, foi na interface entre chapisco e argamassa de revestimento.

Para analisar os resultados foi realizada a análise de variância (ANOVA) para os valores obtidos para a resistência de aderência ao cisalhamento, para verificação da influência da forma de aplicação, granulometria e adição de sílica ativa ao chapisco (tabela 79).

Tabela 79: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução de sílica ativa, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,13520	4,230	0,041650	S
Forma de Aplicação	1	1,00523	31,453	0,000000	S
Uso de Sílica	1	0,13130	4,108	0,044661	S
Granulometria*Forma de Aplicação	1	0,29714	9,297	0,002766	S
Granulometria*Uso de Sílica	1	0,01394	0,436	0,510066	NS
Forma de Aplicação*Uso de Sílica	1	0,15835	4,955	0,027690	S
Granulometria*Forma de Aplicação*Uso de Sílica	1	0,01737	0,543	0,462320	NS
Erro	134	0,03196			

Com a análise de variância foi possível comprovar a influência das variáveis, que neste caso, para a resistência de aderência ao cisalhamento, todas as variáveis (introdução de sílica ativa, granulometria, forma de aplicação) mostraram influenciar significativamente.

A figura 60 mostra a influência da granulometria do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento. Segundo a análise de variância, esta possui influência significativa e, através da mesma, é possível perceber que os valores encontrados para os revestimentos que foram confeccionados com chapisco de granulometria DM apresentaram resistências mais baixas do que para os confeccionados com a granulometria do tipo CB.

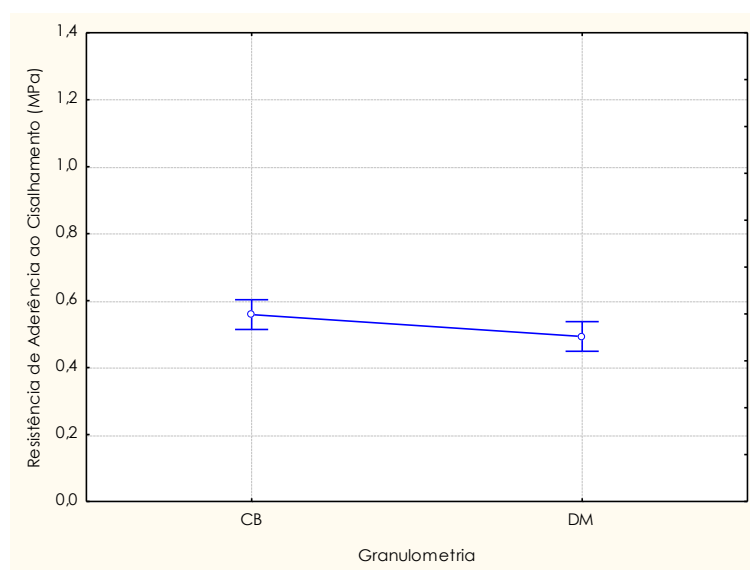


Figura 60: Influência da granulometria do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias

No que diz respeito a granulometria, nota-se uma significativa melhoria de resultados com o chapisco confeccionado com granulometria CB, este fato era esperado e pode ser explicado com base no apresentado por Carneiro (1999) onde o mesmo, através de sua pesquisa, comprova a influência gerada pelo teor e distribuição do agregado da argamassa em suas propriedades no estado fresco e endurecido. Segundo o autor, agregados com distribuição contínua promovem uma aumento na retenção de água da mistura, isto porque

parte da água de amassamento é retida pelo agregado, seja por absorção superficial ou por aprisionamento entre os vazios formados, sendo esta cedida posteriormente, ao longo da pega da argamassa. Para granulometrias contínuas a água cedida, devido a maior capacidade de retenção, ocorre mais lentamente, não sendo perdida de forma brusca para o meio, auxiliando no processo de hidratação dos aglomerantes presentes na mistura. A perda de água prematura interrompe a hidratação do cimento e fragiliza a camada, principalmente a superfície resultando em uma película friável. Esta camada superficial não hidratada, quando é colocada em contato com a argamassa de revestimento em estado fresco, pode absorver rapidamente a água desta e promover uma retração na mesma. Outra vantagem da granulometria uniforme, segundo o mesmo autor, está no fato de que o aumento da uniformidade da areia, torna-a mais compacta, aumentando a massa unitária e em consequência disso diminui a relação aglomerante/agregado e isso é importante pois quanto maior a relação aglomerante/agregado maior a tendência de ocorrência do fenômeno de retração da argamassa. Nesta pesquisa a relação aglomerante/agregado dos chapiscos confeccionados com granulometria CB é 0,21 e os chapiscos com granulometria DM é de 0,27, ou seja, a granulometria CB possui relação aglomerante/agregado 23% menor que a granulometria DM. Sendo assim, pelo acima exposto, o chapisco com granulometria DM, por possuir menor capacidade de retenção de água, tem maior probabilidade de perda de água prematura para o meio, dificultando o processo de hidratação do cimento e, também, por possuir uma relação aglomerante/agregado maior pode ter uma probabilidade maior de ocasionar retração ao ser aplicada.

A figura 61 apresenta a influência gerada pela forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento. Através desta, podemos ver que a aplicação mecanizada gera menores valores de resistência do que a aplicação manual e ainda que esta diferença encontrada é significativa.

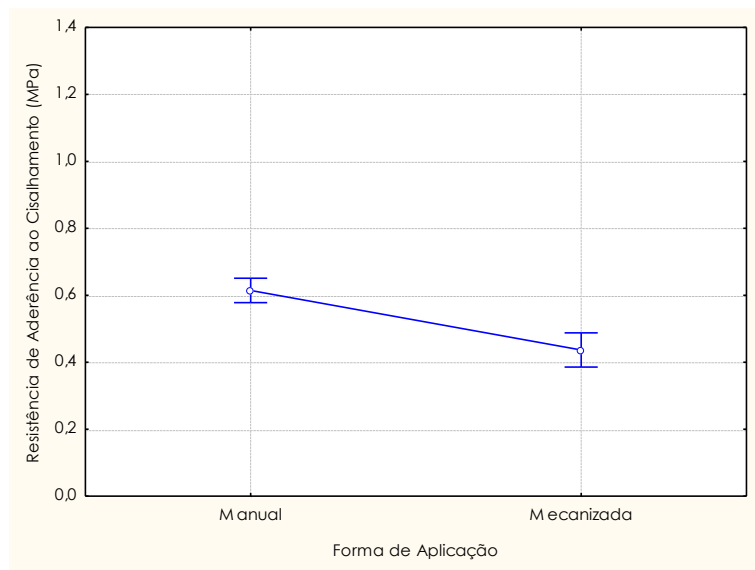


Figura 61: Influência da forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias

No que diz respeito a forma de aplicação, a aplicação mecanizada possui pior desempenho, possivelmente, pelos problemas ocorridos na execução onde esta técnica de mecanização, por recipiente acoplado, mostra-se bastante sensível a fluidez da mistura, não possibilitando uma camada uniformemente espalhada e com constância de energia de aplicação, comentado já anteriormente.

A figura 62 apresenta a influência da sílica ativa na resistência de aderência ao cisalhamento. Observando a figura pode-se perceber que o acréscimo de sílica ativa na argamassa de chapisco promove um aumento na resistência de aderência ao cisalhamento do revestimento.

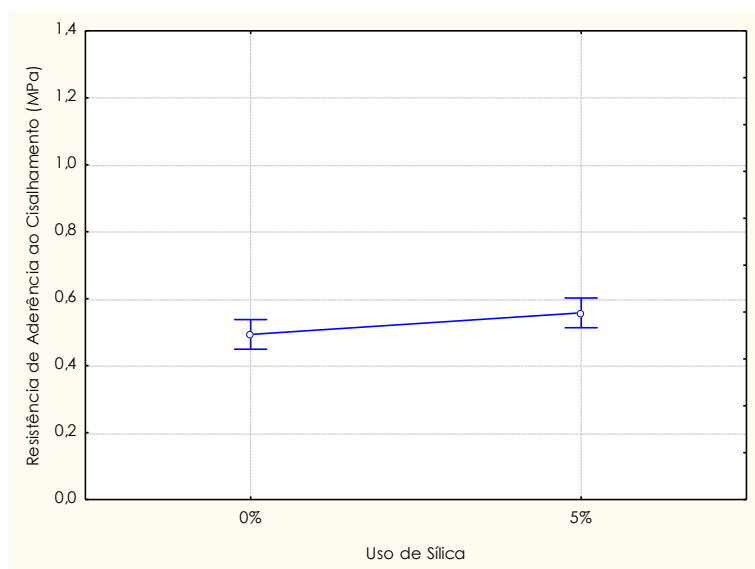


Figura 62: Influência da introdução de sílica ativa no chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

Por fim, o aumento na resistência de aderência ao cisalhamento com a introdução da sílica corrobora com a tendência apresentada para a mesma na resistência de aderência à tração, isto provavelmente é atribuído a uma melhora da camada através da sílica ativa que, segundo Silva (2004), por se tratar de um fino, promove o preenchimento dos espaços entre os grãos de cimento e entre estes e o agregado minimizando a porosidade e aumentando a resistência interna ao fluxo de água para a interface, ou seja, aumenta a retenção melhorando a conformação dos produtos de hidratação, além disso, esta possui também um efeito pozolânico, através da reação com o hidróxido de cálcio, formando produtos resistentes do tipo C-S-H.

5.4.2.2 Resistência de Aderência ao Cisalhamento: Influência do Aditivo Retentor de Água

As tabelas 80, 81, 82 e 83 apresentam, respectivamente, os resultados individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para os revestimentos com combinações de chapisco CB manual, CB mecanizado, DM manual, DM mecanizado, todos com a inserção de aditivo retentor de água.

Tabela 80: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	53,73	53,5	11,29	16,77	152	0,67		50%		50%		
2	54,05	54,21	13,96	16,98	150	0,65		70%		30%		
3	54,10	54	10,83	17,26	119	0,52		10%		90%		
4	53,77	53,65	12,71	17,36	175	0,77		90%			10%	
5	53,57	53,8	17,22	16,9	118	0,52		100%				
6	54,12	53,78	16,38	16,5	207	0,91		100%				
7	53,85	54,21	19,33	20,42	146	0,64		100%				
8	53,9	53,88	16,32	18,59	128	0,56		100%				
9	53,83	53,92	17,81	21,14	218	0,96		100%				
10	53,73	53,67	17,8	18,08	190	0,84		100%				
11	53,67	53,99	16,21	21,36	224	0,98		50%		50%		
12	53,72	52,07	19,40	18,34	311	1,42		100%				
13	55,69	55,70	15,77	17,44	196	0,80		100%				
14	55,69	55,79	20,34	19,31	129	0,53		100%				
15	55,52	55,94	16,75	17,59	131	0,54		100%				
16	55,68	55,66	20,19	19,52	139	0,57		100%				
17	55,62	55,96	15,69	16,38	119	0,49		100%				
18	55,53	55,75	19,69	19,01	118	0,49		100%				
19	55,59	55,56	14,83	14,28	119	0,49		100%				
20	55,74	55,48	17,10	17,81	111	0,46		100%				
21	55,48	55,77	16,07	14,18	156	0,64		100%				
22	55,66	55,69	18,65	18,05	180	0,74		100%				
23	55,68	55,36	14,11	13,66	97	0,40		100%				
24	55,67	55,65	16,43	17,25	115	0,47		100%				
Média					156	0,67						

Tabela 81: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria CB, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água MECANIZADO												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,38	54,42	10,46	15,71	125	0,54		50%		50%		
2	53,84	53,75	13,45	19,36	101	0,44		100%				
3	54,25	54,35	14,44	12,25	161	0,70		100%				
4	54,16	54,25	12,66	18,71	72	0,31					100%	
5	53,95	54,57	14,08	16,13	101	0,44		100%				
6	54,20	53,96	18,55	17,55	81	0,35		100%				
7	54,20	54,04	12,52	19,48	147	0,64		90%		10%		
8	54,85	54,25	10,32	11,98	71	0,30		100%				
9	54,36	54,30	18,81	14,40	121	0,52		80%		20%		
10	54,16	54,35	10,32	12,99	90	0,39		95%		5%		
11	54,26	54,58	13,73	20,42	140	0,60		100%				
12	54,60	54,19	6,40	13,28	166	0,71		100%				
Média					115	0,50						

Tabela 82: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água MANUAL												
Resistência de Aderência ao Cisalhamento												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,12	53,94	19,34	23,21	132	0,58		20%		80%		
2	53,45	52,09	19,34	23,17	140	0,64		15%		85%		
3	53,55	53,65	19,45	22,51	140	0,62		85%		15%		
4	53,34	52,51	18,96	20,20	78	0,35				100%		
5	53,31	53,57	21,00	21,52	85	0,38		100%				
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	52,07	52,17	19,42	19,71	276	1,29		100%				
8	52,52	52,56	20,16	19,62	113	0,52		100%				
9	54,04	54,11	14,22	21,22	66	0,29		30%		70%		
10	53,87	54,06	20,78	21,21	92	0,40		100%				
11	53,35	52,60	22,38	22,87	257	1,17		100%				
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	55,62	55,67	17,52	17,15	79	0,32		100%				
14	55,70	55,63	20,29	19,60	115	0,47		100%				
15	55,75	55,49	17,25	16,46	95	0,39		95%		5%		
16	55,48	55,50	20,15	19,28	101	0,42		100%				
17	55,57	55,69	16,2	16,15	86	0,35		100%				
18	55,46	55,02	18,05	18,14	138	0,58		95%		5%		
19	55,74	55,64	23,2	24,73	67	0,28		100%				
20	55,65	55,58	19,35	20,54	64	0,26		100%				
21	55,68	55,88	24,5	23,35	128	0,52		100%				
22	55,49	55,42	21,15	21,56	164	0,68		60%		40%		
23	55,63	54,81	23,67	24,63	91	0,38		100%				
24	55,23	55,40	22,26	22,87	109	0,45		75%		25%		
Média					119	0,52						

Tabela 83: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento para a granulometria DM, aplicação mecanizada, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água MECANIZADO											
Resistência de Aderência ao Cisalhamento											
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura				
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg
1	54,76	54,56	8,96	11,51	100	0,43		100%			
2	54,50	54,49	12,43	12,94	114	0,49		100%			
3	54,56	54,36	10,59	10,36	98	0,42		100%			
4	54,73	54,23	11,55	14,46	146	0,63		100%			
5	54,55	54,62	8,66	13,40	72	0,31		100%			
6	54,45	54,49	12,89	16,12	91	0,39		100%			
7	54,00	54,25	15,47	18,42	103	0,45		100%			
8	54,17	54,31	18,16	21,26	86	0,37		100%			
9	53,62	53,32	14,11	17,27	160	0,71		90%		10%	
10	54,32	54,24	12,45	21,60	87	0,38		75%		25%	
11	54,30	54,17	12,79	16,09	66	0,29		100%			
12	53,97	54,38	15,33	19,38	75	0,33		100%			
Média					100	0,43					

Na figura 63 estão alguns corpos-de-prova rompidos ao cisalhamento para as combinações com uso de aditivo retentor de água.

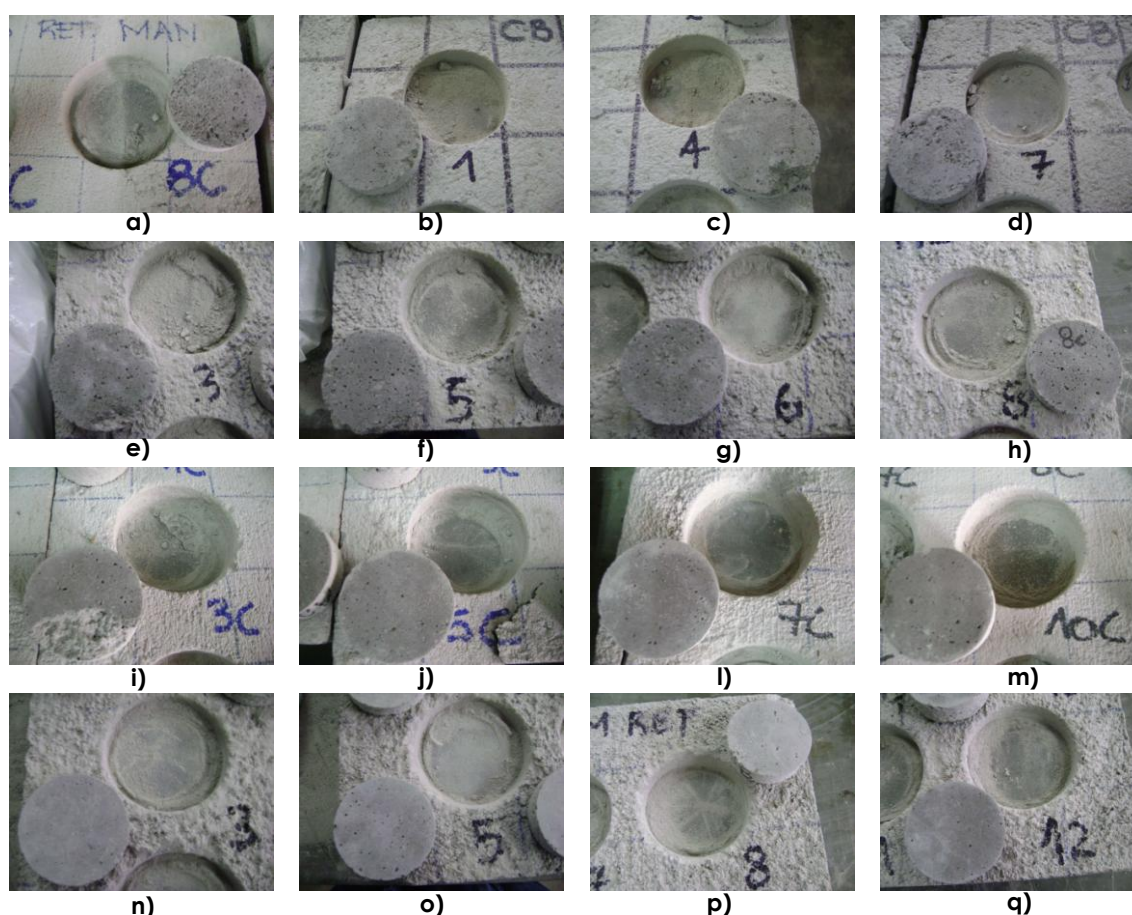


Figura 63: Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias: (a à d) CB manual com retentor de água; (e à h) CB mecanizado com retentor de água; (i à m) DM manual com retentor de água e (n à q) DM mecanizado com retentor de água

Através das tabelas 80 à 83 e da figura 63 é possível perceber que, para todas as combinações com introdução de aditivo retentor de água, a forma de ruptura de maior ocorrência foi na interface substrato de concreto/chapisco, isto pode ser visto nitidamente pelas fotos acima dispostas.

Com os dados obtidos foi realizada a análise de variância (ANOVA) para verificar se, tanto a adição como também a granulometria e forma de aplicação, representaram modificações significativas na resistência de aderência ao cisalhamento (tabela 84).

Tabela 84: Análise de variância (ANOVA) do efeito da introdução do aditivo retentor de água, granulometria e forma de aplicação das argamassas de chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,29983	9,101	0,003062	S
Forma de Aplicação	1	1,12538	34,160	0,000000	S
Aditivo Retentor de Água	1	0,03803	1,154	0,284595	NS
Granulometria*Forma de Aplicação	1	0,10958	3,326	0,070424	NS
Granulometria*Ad. Retentor de Água	1	0,00394	0,119	0,730126	NS
Forma de Aplicação*Ad. Retentor de Água	1	0,11355	3,447	0,065591	NS
Granulometria*Forma de Aplicação*Ad. Ret. de Água	1	0,00664	0,202	0,654229	NS
Erro	133	0,03294			

A análise estatística realizada mostrou que somente a granulometria e a forma de aplicação foram influentes significativamente; a introdução de aditivo retentor de água, bem como as interações entre variáveis não apresentaram diferenças significativas.

Na figura 64 é possível visualizar a diferença de resultados para a resistência de aderência ao cisalhamento nas diferentes granulometrias utilizadas para a confecção do chapisco.

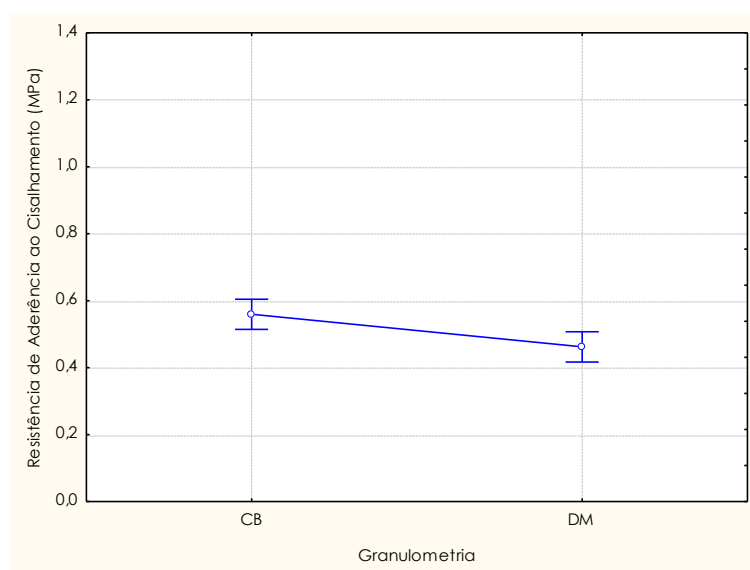


Figura 64: Influência da granulometria do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias

Através desta figura pode-se perceber que a granulometria CB apresenta valores superiores aos apresentados pela granulometria DM. Corroborando o encontrado para a resistência de aderência ao cisalhamento para as combinações com uso de sílica ativa, ou seja, a granulometria CB apresentou valores significativamente maiores do que os valores encontrados para a granulometria DM, este pode ser explicado pelo mesmo motivo citado, com base no apresentado por Carneiro (1999). O autor comprova, através de sua pesquisa, que agregados com distribuição contínua promovem um aumento na retenção de água da mistura, melhorando a conformação dos produtos de hidratação do cimento. Além disso, segundo o mesmo autor, quanto maior a uniformidade da areia, mais compacta esta se apresenta, aumentando a massa unitária e, em consequência, diminui a relação aglomerante/agregado. Esta relação é importante pois quanto maior a relação aglomerante/agregado maior a tendência de ocorrência do fenômeno de retração da argamassa. Como já mencionado relação aglomerante/agregado, nesta pesquisa, dos chapiscos confeccionados com granulometria CB é 23% menor que a granulometria DM. Resumidamente, os maiores valores encontrados para a granulometria CB podem ser atribuídos a sua maior capacidade de retenção de água, o que resulta na menor probabilidade de perda de água prematura, e, também, por possuir uma relação aglomerante/agregado menor esta possui uma tendência menor de ocasionar retração ao ser aplicada.

A figura 65 apresenta a influência da forma de aplicação da argamassa de chapisco nos resultados de resistência de aderência ao cisalhamento obtidos para o sistema de revestimento de argamassa, sendo a aplicação manual a responsável pelos maiores valores de resistência de aderência ao cisalhamento encontrados.

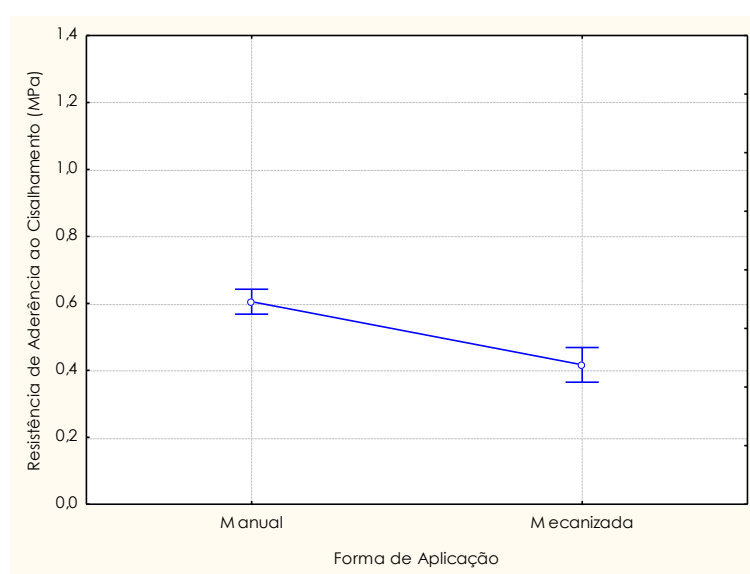


Figura 65: Influência da forma de aplicação do chapisco na resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos, aos 28 dias

Com relação a forma de aplicação, resultado este que também corrobora com o encontrado para a resistência de aderência ao cisalhamento com uso de sílica ativa, a aplicação mecanizada possui pior desempenho, possivelmente, pelos problemas ocorridos na execução onde esta técnica de mecanização, por recipiente acoplado, como relatado anteriormente, mostrou-se bastante variável.

As tabelas 85 e 86 apresentam o resumo das significâncias encontradas para as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento com utilização de sílica ativa e com utilização de aditivo retentor de água, respectivamente.

Tabela 85: Resumo de significâncias para as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento para as combinações com utilização de sílica ativa

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA				
		à tração	ao cisalhamento	
Granulometria	CB	NS	CB	S
	DM		DM	
Uso de Sílica	0%	NS	0%	S
	5%		5%	
Forma de Aplicação	Manual	NS	Manual	S
	Mecaniz.		Mecaniz.	

NS: não significativo ● valores mais altos
S: significativo ● valores mais baixos

Tabela 86: Resumo de significâncias para as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento para as combinações com utilização de aditivo retentor de água

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA				
		à tração	ao cisalhamento	
Granulometria	CB	NS	CB	S
	DM		DM	
Uso de Retentor	0%	S	0%	NS
	0,25%		0,25%	
Forma de Aplicação	Manual	S	Manual	S
	Mecaniz.		Mecaniz.	

NS: não significativo ● valores mais altos
S: significativo ● valores mais baixos

Para finalizar, com vistas a ter uma visão global do comportamento entre as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento, uma última análise foi feita acrescentando em um mesmo gráfico ambas as variáveis. A tabela 87 e as figura 66 (teor de 0%) e figura 67 (teor de 5%) apresentam o comportamento da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento para as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa.

Tabela 87: Tabela resumo de significância das variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa para as resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	2,104	0,126046	NS
Forma de Aplicação	15,259	0,000001	S
Uso de Sílica	3,159	0,045725	S
Granulometria*Forma de Aplicação	6,157	0,002788	S
Granulometria*Uso de Sílica	4,399	0,014172	S
Forma de Aplicação*Uso de Sílica	5,247	0,006435	S
Granulometria*Forma de Aplicação*Uso de Sílica	5,279	0,006248	S

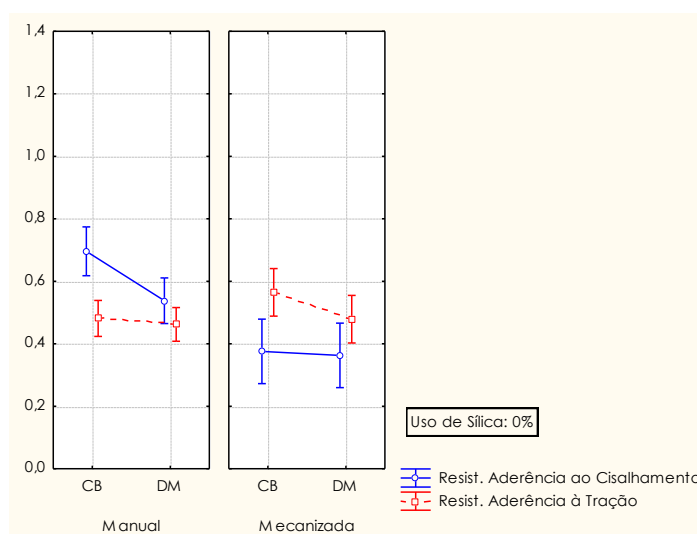


Figura 66: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa (no teor de 0%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias

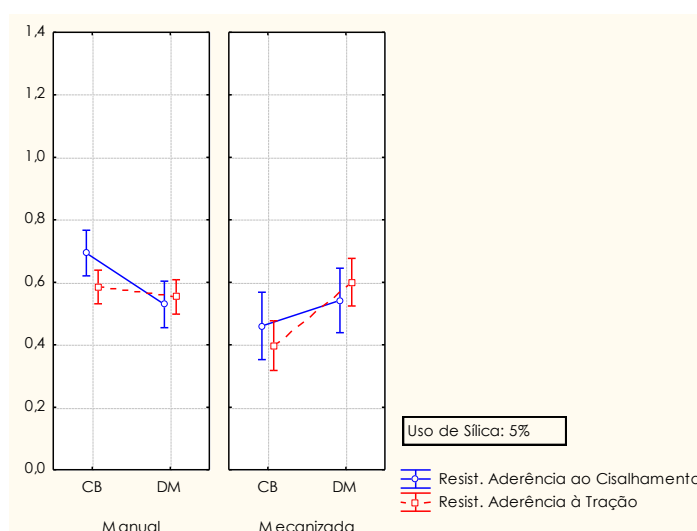


Figura 67: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa (no teor de 5%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias

Com relação as variáveis de estudo utilizadas, estas estão melhor apresentadas e explicadas quando se faz a análise em separado nos itens anteriores para resistência de

aderência à tração e ao cisalhamento, o que se pretendia com esta última análise, representada através das figuras 66 e 67, era verificar se a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento seguiam um mesmo comportamento, e, visualizando estas, pode-se perceber que a tendências de aumento e queda nos valores seguem um padrão, porém a intensidade da influência gerada pelas variáveis em estudo não é a mesma.

A tabela 88 e as figura 68 (teor de 0%) e figura 69 (teor de 0,25%) apresentam o comportamento da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento para as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água.

Tabela 88: Tabela resumo de significância das variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de sílica ativa para as resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	4,719	0,010509	S
Forma de Aplicação	24,429	0,000000	S
Ad. Retentor de água	47,591	0,000000	S
Granulometria*Forma de Aplicação	2,861	0,060797	NS
Granulometria*Ad. Retentor de água	0,713	0,492043	NS
Forma de Aplicação*Ad. Retentor de água	2,883	0,059533	NS
Granulometria*Forma de Aplicação*Ad. Ret. de água	4,749	0,010219	S

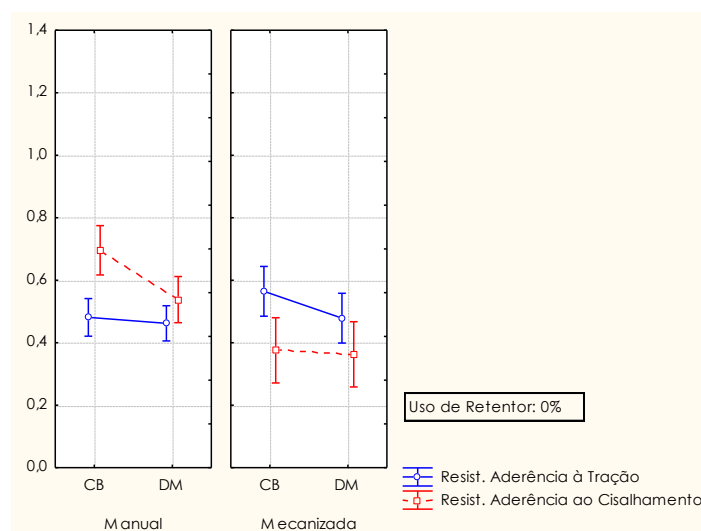


Figura 68: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água (teor de 0%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias

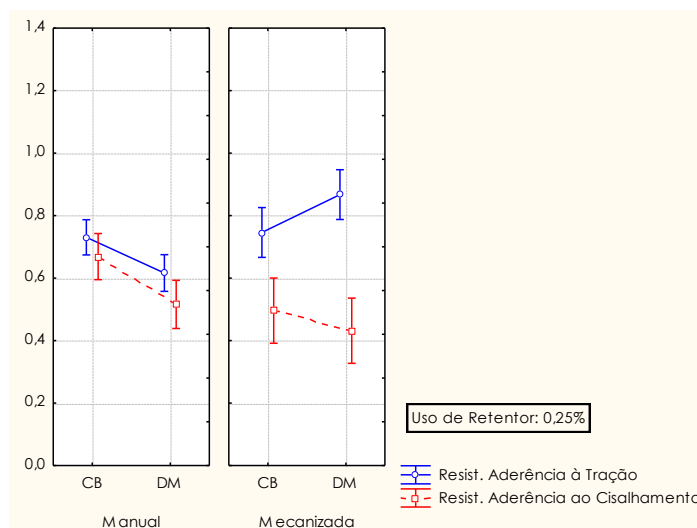


Figura 69: Interação entre as variáveis granulometria, forma de aplicação e introdução de aditivo retentor de água (teor de 0,25%) nas resistências de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos de argamassa, aos 28 dias

Da mesma forma que para as combinações com sílica ativa, nas figuras 68 e 69 estão apresentadas as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento para análise de comportamento para as mesmas com uso de aditivo retentor de água. Ao observar estas figuras verifica-se, para a aplicação manual, que as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento também seguem um mesmo comportamento (embora em graus de sensibilidade diferentes entre variáveis), porém para a aplicação mecanizada, esta promove, com adição de 0,25% de aditivo retentor de água um comportamento distinto entre as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento, no entanto esta pode ser resultante da variabilidade, já mencionada anteriormente, que esta técnica de aplicação por recipiente acoplado apresentou.

Através das análises realizadas cabe uma última colocação acerca dos resultados obtidos no que diz respeito a resistência de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento. Pode-se perceber que, embora conjuntamente as resistências de aderência à tração e ao cisalhamento promovam a fixação da argamassa ao substrato, não necessariamente as duas produzam mesmo efeito sobre as variáveis utilizadas neste trabalho. Sendo portanto, através deste trabalho, evidenciado que somente a análise de resistência de aderência à tração, como comumente feito, não é suficiente para avaliar o fenômeno de aderência de revestimentos argamassados.

5.4.3 Extensão de Aderência – Lupa Estereoscópica

A verificação das interfaces foi realizada com o intuito de compreender melhor os resultados obtidos para a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, tentando corroborar os resultados encontrados nestes ensaios. Todas as figuras a seguir

apresentadas são fotografias com uma ampliação de 16 vezes com relação a imagem original.

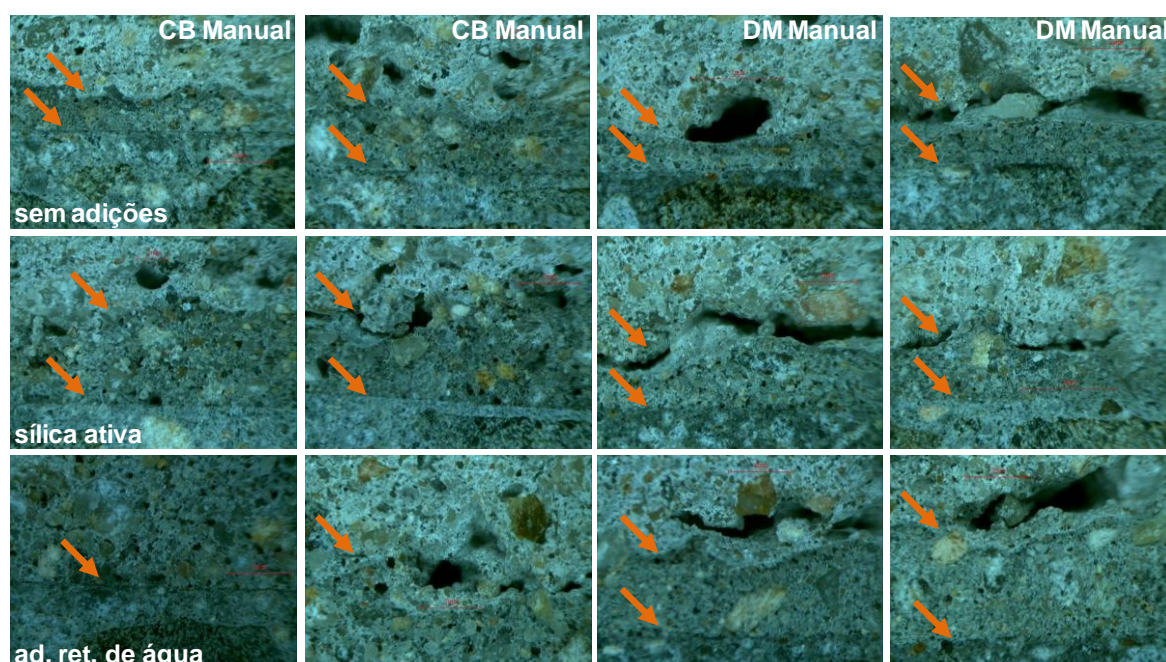


Figura 70: Imagens obtidas pela lupa estereoscópica para as combinações de chapisco com aplicação manual

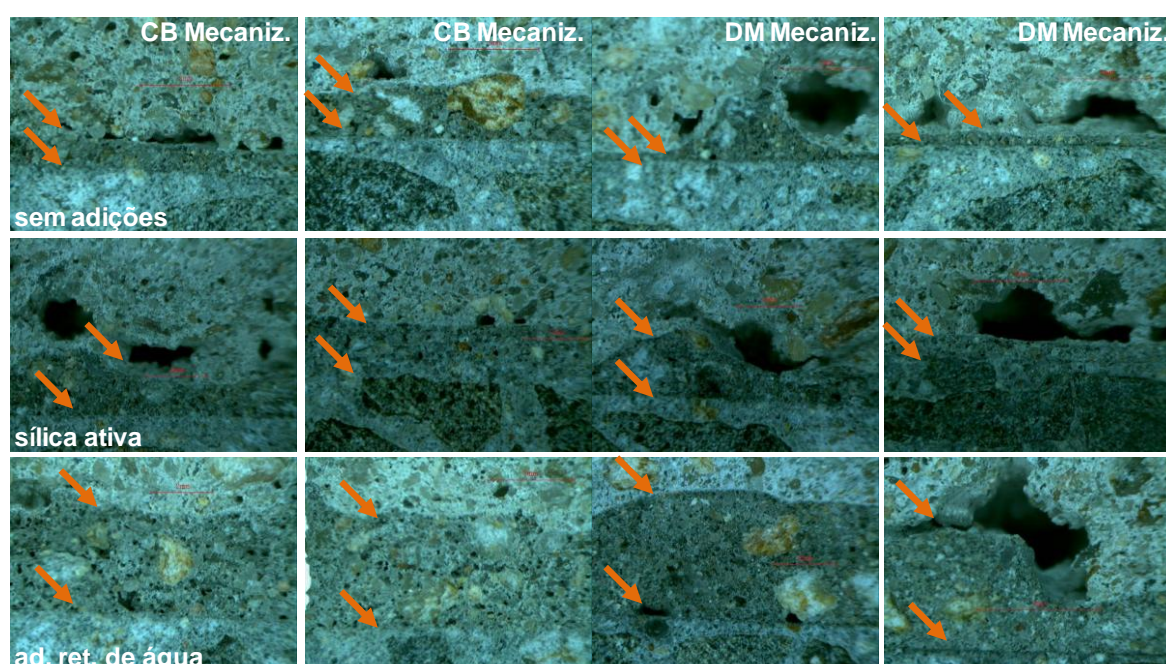


Figura 71: Imagens obtidas pela lupa estereoscópica para as combinações de chapisco com aplicação mecanizada

De forma geral, pelas figuras 70 e 71 apresentadas, percebe-se que entre o substrato de concreto e o chapisco há, para todas as combinações, uma boa extensão de aderência sendo as maiores falhas encontradas na interface entre chapisco e argamassa de

revestimento, seguidas por falhas na própria camada de argamassa. Além disso, é possível fazer algumas considerações acerca das variáveis estudadas.

Com relação a granulometria do chapisco nota-se que as combinações que utilizam a granulometria da areia tipo CB possuem extensão de aderência perceptivelmente maior, sendo as maiores falhas vistas para a granulometria tipo DM. Esta informação visual corrobora o resultado encontrado de resistência de aderência ao cisalhamento, que, de forma geral, tanto para a análise com uso de sílica ativa quanto para a análise do uso de aditivo retentor de água, mostraram que a granulometria CB resulta em valores significativamente maiores de resistência de aderência ao cisalhamento do que a granulometria DM. Estas maiores falhas encontradas para a granulometria DM, possivelmente, pode ser decorrente da menor retenção de água e da maior relação aglomerante/agregado. Para a resistência de aderência à tração a granulometria não obteve influência significativa.

Sobre a forma de aplicação, as maiores falhas são encontradas para a aplicação mecanizada sendo esta também responsável por proporcionar uma camada de menor espessura e maior variabilidade se comparada às suas respectivas combinações correspondentes a aplicação manual. Este análise corrobora o resultado encontrado para a resistência de aderência ao cisalhamento das combinações ensaiadas, onde os valores encontrados para esta propriedade mostram-se significativamente maiores para a forma de aplicação manual se comparado a aplicação mecanizada. Isto porque a aplicação mecanizada não foi capaz de melhorar a uniformidade da camada. Para a resistência de aderência à tração a forma de aplicação só foi significativa nas combinações com utilização de aditivo retentor de água, porém esta mostrou que a aplicação mecanizada gera valores superiores aos valores de aplicação manual, sendo este resultado, possivelmente explicado, pela ineficiência da técnica (aplicação mecanizada) em gerar uniformidade da camada.

No que diz respeito as adições realizadas, a introdução de sílica ativa, comparando estas as combinações de referência (sem adições), não foi possível perceber diferenças significativamente marcantes, nem em espessura da camada nem quanto a extensão de aderência. Para a resistência de aderência à tração, a sílica ativa, na proporção utilizada, não mostrou influenciar significativamente. Para a resistência de aderência ao cisalhamento a inserção de sílica ativa mostrou influenciar positivamente, este se deve, provavelmente, pelo melhoramento da camada que a sílica ativa proporciona, porém visualmente não é perceptível.

Já, no que diz respeito as combinações do chapisco com utilização de aditivo retentor de água, nota-se o aparecimento de uma vasta concentração de micro bolhas na camada do mesmo, além de promover camadas de chapisco de maior espessura. Este aumento na espessura, pode ser um dos grandes responsáveis pela melhoria na resistência de aderência, pois, juntamente com as micro bolhas, possivelmente acarretam em uma maior retenção de água proporcionando uma melhoria na conformação dos produtos de hidratação, melhorando com isso a resistência de aderência.

Através da análise das imagens obtidas pela lupa estereoscópica aonde foi possível visualizar as interfaces entre componentes do sistema de revestimento e, conseqüentemente, a extensão de aderência que as soluções propostas promoveram, nota-se que algumas considerações feitas sobre estas corroboram, de modo geral, os resultados obtidos para os ensaios de resistência de aderência à tração e/ou ao cisalhamento. Primeiro, a maior quantidade de falhas encontram-se na interface chapisco/argamassa de revestimento, sendo nesta área a maior ocorrência das rupturas dos corpos-de-prova. Segundo, as maiores falhas são encontradas com a granulometria DM e com aplicação mecanizada, o que coincide com os piores resultados obtidos para a resistência de aderência ao cisalhamento do sistema de revestimento.

5.4.4 Influência da Alta Temperatura na Cura do Chapisco com Uso de Aditivo Retentor de Água na Resistência de Aderência do Revestimento

Uma segunda análise proposta foi a verificação da influência da introdução do aditivo retentor de água no chapisco quando este é submetido a uma cura à alta temperatura. Esta análise foi proposta tendo em vista alguns trabalhos, anteriormente realizados no NORIE/UFRGS, por Moura (2007) e Ruduit (2009).

Uma das justificativas para esta queda acentuada da resistência de aderência resultante das altas temperaturas aplicadas sobre o chapisco é que, como a camada de preparo, é uma camada tradicionalmente muito fina, ao ser aplicado na superfície em dias muito quentes, este perderia água muito rapidamente, tanto para a base quanto para o meio ambiente, prejudicando as reações de hidratação do cimento e fragilizando esta camada. Para impedir essa perda prematura da água foi, então, proposta a adição do aditivo retentor de água ao chapisco. Para esta verificação, os chapiscos confeccionados com granulometria CB e DM, aplicação manual, com a introdução do aditivo retentor de água, foram submetidos a uma cura com variação da temperatura, em ciclos de 12 horas, onde, durante 12 horas a temperatura foi mantida à $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 12 horas à $40\pm 2^{\circ}\text{C}$, por um período de 3 dias (figura 72, a à c).

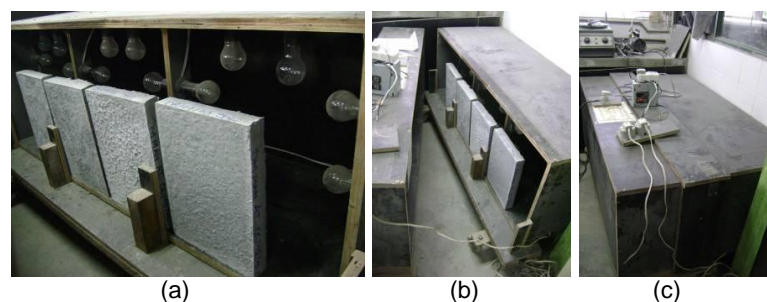


Figura 72: Caixa para cura a altas temperaturas: (a) vista interna; (b) vista do conjunto aberto e (c) vista do conjunto fechado

Após os 3 dias de cura do chapisco, como descrito acima, foi aplicada a argamassa de revestimento sobre o mesmo e esta foi então curada, durante 28 dias, a uma temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60\pm 10\%$, mesmo processo de cura para o restante do trabalho. Passado este período foi, então, realizado os ensaio para verificação da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento do sistema de revestimento.

As tabelas 89 e 90 apresentam os valores individuais, respectivamente, da resistência de aderência à tração dos revestimentos com chapisco CB manual e DM manual, ambos com uso de aditivo retentor de água.

Tabela 89: Valores individuais de resistência de aderência à tração, com cura de $23^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$, para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água curado com ALTA TEMPERATURA											
Resistência de Aderência à Tração											
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura				
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg
1	54,50	55,04	17,16	16,62	181	0,77		100%			
2	54,72	54,76	15,86	13,52	211	0,90		100%			
3	54,78	54,38	16,14	14,29	164	0,70		90%			10%
4	54,48	54,39	8,15	6,09	114	0,49					100%
5	54,74	54,76	6,43	14,74	206	0,88		20%			80%
6	54,87	55,15	6,87	12,05	114	0,48		20%		80%	
7	54,78	55,11	12,80	20,43	160	0,67		40%		60%	
8	54,69	54,85	12,48	20,64	170	0,72			50%	50%	
9	54,98	54,81	9,62	16,90	221	0,93					100%
10	55,17	54,73	11,94	16,38	231	0,97				100%	
11	54,93	55,06	8,44	20,08	180	0,76		30%		70%	
12	54,74	54,84	10,79	16,07	201	0,85		30%		70%	
Média					179	0,76					

Tabela 90: Valores individuais de resistência de aderência à tração, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água curado com ALTA TEMPERATURA												
Resistência de Aderência à Tração												
n°	Corpo-de-prova				Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					
	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg	arg/cola
1	54,77	54,75	15,75	15,54	146	0,62		100%				
2	54,87	54,82	13,44	18,11	185	0,78		90%		10%		
3	54,82	54,99	13,16	13,66	147	0,62		100%				
4	54,73	54,82	12,77	12,65	108	0,46		100%				
5	54,83	54,84	11,25	13,05	135	0,57		90%		10%		
6	54,67	54,88	13,6	13,55	146	0,62		90%		10%		
7	54,82	54,76	12,09	19,82	177	0,75				100%		
8	54,72	54,77	14,58	17,34	149	0,63		30%		70%		
9	54,90	54,75	21,13	21,18	174	0,74		90%		10%		
10	54,88	54,84	16,77	17,82	170	0,72				100%		
11	54,75	54,78	15,89	21,08	169	0,72				100%		
12	54,65	54,94	9,06	9,97	196	0,83					100%	
Média					159	0,67						

Para melhor contribuir com a análise, os resultados obtidos foram inseridos no STATÍSTICA 7 para uma análise de variância (ANOVA). A tabela 91 apresenta a análise de variância para os resultados obtidos para a resistência de aderência a tração dos chapiscos com diferentes curas e diferentes granulometrias.

Tabela 91: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e das diferentes curas na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,16350	10,118	0,002212	S
Alta Temperatura	1	0,02885	1,785	0,185937	NS
Granulometria*Alta Temperatura	1	0,00251	0,155	0,694678	NS
Error	68	0,01616			

Através da análise estatística é possível observar que somente a granulometria do chapisco foi responsável por apresentar diferenças significativas. Sendo a cura do chapisco não significativa. A figura 73 apresenta graficamente a variação observada para as diferentes granulometrias do chapisco.

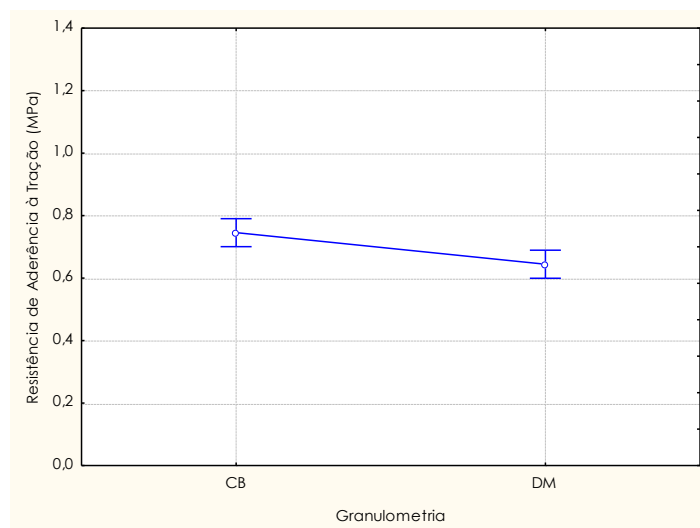


Figura 73: Influência da granulometria na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência à tração, aos 28 dias

A partir dos resultados encontrados é possível perceber que a utilização de uma cura com alta temperatura não causou alteração significativa aos resultados de resistência de aderência à tração para os sistemas de revestimentos se comparado aos com cura mais favorável (23°C) quando utilizaram o aditivo retentor de água, ou seja, este mostrou-se eficiente na manutenção da aderência desta camada, mesmo quando esta é submetida a condições severas de temperatura. Quanto a granulometria nota-se que os valores de resistência são significativamente menores para a granulometria DM, independente da cura aplicada, sendo este resultado pertinente com os demais.

A mesma análise foi realizada para a resistência de aderência ao cisalhamento. As tabelas 92 e 93 apresentam os valores individuais, respectivamente, da resistência de aderência ao cisalhamento dos revestimentos com chapisco CB manual e DM manual, ambos com uso de aditivo retentor de água.

Tabela 92: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria CB, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

CB com Retentor de água curado com ALTA TEMPERATURA											
Resistência de Aderência ao Cisalhamento											
Corpo-de-prova					Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura				
n°	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg
1	55,58	55,71	18,13	17,56	173	0,71		100%			
2	55,56	55,58	18,48	17,88	162	0,67		100%			
3	55,52	55,62	18,50	17,64	160	0,66		60%		40%	
4	55,79	55,80	18,39	18,78	117	0,48		30%		70%	
5	55,98	55,45	18,92	19,80	118	0,48		100%			
6	55,50	55,75	20,47	19,41	132	0,54		100%			
7	55,47	55,57	15,41	15,72	123	0,51		100%			
8	55,62	55,68	14,73	14,58	150	0,62		90%		10%	
9	55,66	55,86	16,16	15,76	190	0,78		100%			
10	55,79	55,63	14,58	14,56	167	0,69		70%		30%	
11	55,61	55,66	15,98	15,81	85	0,35		100%			
12	59,54	55,57	14,48	14,35	152	0,58		100%			
Média					144	0,59					

Tabela 93: Valores individuais de resistência de aderência ao cisalhamento, com cura de 23°C/40°C, para a granulometria DM, aplicação manual, com adição de aditivo retentor de água, aos 28 dias

DM com Retentor de água curado com ALTA TEMPERATURA											
Resistência de Aderência ao Cisalhamento											
Corpo-de-prova					Carga de Ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura				
n°	d1(mm)	d2	e1(mm)	e2			sub	sub/cha	cha	cha/arg	arg
1	55,68	55,60	22,72	22,62	97	0,40		100%			
2	55,39	55,64	23,00	22,74	85	0,35		100%			
3	55,59	55,64	20,81	22,07	152	0,63		100%			
4	55,61	55,56	21,29	22,00	99	0,41		100%			
5	55,60	55,64	18,72	18,85	148	0,61		50%		50%	
6	55,58	55,10	18,70	17,65	149	0,62		100%			
7	55,70	55,69	16,01	16,47	94	0,39		100%			
8	55,41	55,69	18,30	18,76	83	0,34		100%			
9	55,69	55,51	17,52	17,02	111	0,46		90%		10%	
10	55,69	55,02	18,57	19,02	116	0,48		95%		5%	
11	55,17	55,60	18,99	18,57	124	0,51		90%		10%	
12	55,66	55,56	19,74	20,00	127	0,52		100%			
Média					115	0,48					

A tabela 94 apresenta a análise de variância para os resultados obtidos para resistência de aderência ao cisalhamento.

Tabela 94: Análise de variância (ANOVA) do efeito da granulometria e das diferentes curas na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

	GDL	MQ	F (calc)	p	Signif.
Granulometria	1	0,27729	6,2536	0,014885	S
Alta Temperatura	1	0,05618	1,2671	0,264388	NS
Granulometria*Alta Temperatura	1	0,00644	0,1452	0,704364	NS
Error	66	0,04434			

Através desta é possível, da mesma forma que para a resistência de aderência à tração, perceber que somente a granulometria é responsável por mudanças significativas na resistência de aderência ao cisalhamento. A figura 74 apresenta, de forma gráfica, o

comportamento dos chapiscos com as diferentes granulometrias, na resistência de aderência ao cisalhamento.

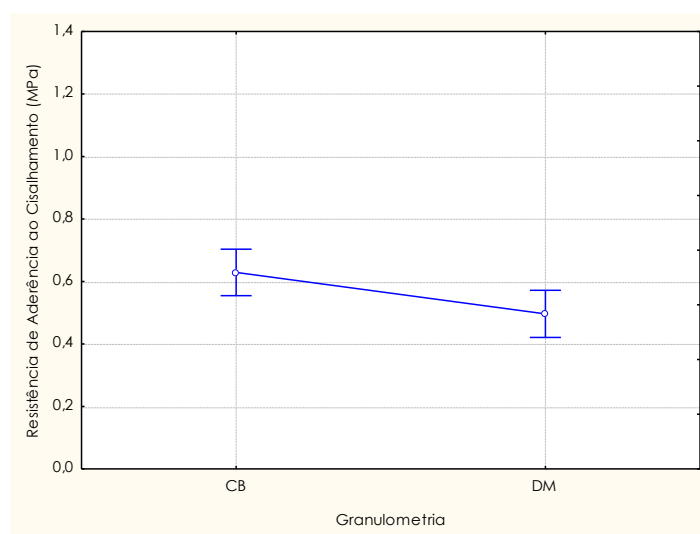


Figura 74: Influência da granulometria na argamassas de chapisco com aditivo retentor de água na resistência de aderência ao cisalhamento, aos 28 dias

Corroborando os resultados anteriores de resistência de aderência à tração, esta análise comprova a eficiência do aditivo retentor de água ao ser acrescentado nas argamassa de chapisco tornando o efeito da temperatura não significativo, sendo, então, sua utilização recomendada. Sobre o uso do aditivo retentor de água, os resultados obtidos comprovam as considerações feitas por Ohama (1984) referenciado por Do Ó (2004) onde este afirma que devido à elevada capacidade de retenção de água promovida por esse tipo de polímero (MHEC), argamassas e concretos que os contêm dispensam cuidados especiais com a cura.

Além disso, no que diz respeito a granulometria, o comportamento encontrado é, da mesma forma, igual ao obtido para a resistência de aderência à tração, ou seja, os chapiscos com granulometria CB apresentaram, também, maiores valores de resistência de aderência ao cisalhamento do que os com granulometria DM.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da forma de aplicação (manual e mecanizada) e também da alteração da composição do chapisco através da mudança da composição granulométrica, da introdução de sílica ativa e de aditivo retentor de água na aderência do sistema de revestimento. Para a avaliação desta, foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento deste sistema. E, além disso, foram realizados ensaios para controle e caracterização dos componentes do sistema, sendo, através destes, possível fazer algumas considerações. Vale lembrar que a argamassa de revestimento e o substrato de concreto foram mantidos constantes afim de isolar o efeito das alterações feitas ao chapisco e que os resultados obtidos são válidos para as condições de ensaio e procedimentos experimentais utilizados neste programa.

a) Com relação à caracterização e controle da argamassa de chapisco:

- os chapiscos confeccionados com granulometria CB (contínua e bem graduada) são responsáveis por um aumento na retenção de água, uma significativa redução na absorção de água por capilaridade e um aumento na densidade de massa, em estado endurecido, se comparado aos chapiscos confeccionados com areia de granulometria DM (descontínua e mal graduada);
- o teor de 5% de sílica ativa, sobre a massa de cimento, acrescentado às argamassas de chapisco, mostrou promover uma melhoria significativa nas características mecânicas, resistência à tração na flexão e à compressão, bem como, um aumento na densidade de massa no estado endurecido;
- a introdução do aditivo retentor de água, no teor de 0,25% sobre a massa de cimento, às argamassas de chapisco significou uma queda na resistência à tração na flexão e à compressão, uma diminuição da densidade de massa em estado endurecido, um aumento no teor de ar incorporado, um aumento considerável na retenção de água, além de uma diminuição do módulo de deformação dinâmico da mistura.

b) Resistência de Aderência à tração e ao cisalhamento com utilização de sílica ativa:

- a granulometria do chapisco não causa efeitos significativos, porém, para a resistência de aderência ao cisalhamento nota-se significativo acréscimo nos valores encontrados para os chapiscos confeccionados com granulometria CB;

- entre as formas de aplicação do chapisco estudadas, a que apresentou melhor desempenho, diferentemente do esperado, foi a aplicação manual, sendo a aplicação mecanizada através da projeção por recipiente acoplado (a “canequinha”) responsável por uma grande variabilidade nos resultados e uma grande sensibilidade a fluidez da mistura, mostrando-se ineficiente para as características de chapisco utilizadas, não sendo possível garantir o comportamento encontrado;

- a introdução de sílica ativa ao chapisco é responsável por uma tendência de aumento da resistência de aderência à tração e um aumento significativo na resistência de aderência ao cisalhamento.

c) Resistência de Aderência à tração e ao cisalhamento com utilização de aditivo retentor de água:

- da mesma forma que para as combinações com sílica ativa, a granulometria do chapisco não causa efeitos significativos. Porém, para a resistência de aderência ao cisalhamento, a granulometria possui efeito significativo, sendo os maiores valores encontrados para os chapiscos confeccionados com granulometria CB;

- aplicação mecanizada mostrou um acréscimo significativo nos valores de resistência de aderência à tração e uma queda para a resistência de aderência ao cisalhamento. Esse resultado discrepante pode ser explicado, novamente, pela variabilidade encontrada, provavelmente ocasionada pelas dificuldades de execução relatadas quando da aplicação do chapisco com o projetor de recipiente acoplado.

- quanto a introdução do aditivo retentor de água ao chapisco, no teor de 0,25% com relação a massa de cimento, é possível afirmar que este foi o responsável pelas maiores mudanças ocorridas na mistura. O chapisco em estado fresco teve uma mudança significativa na fluidez, tornando-a significativamente menor, fazendo com que, em estado endurecido, a camada de chapisco se conformasse com maior espessura além de apresentar uma maior incorporação de ar. O aditivo foi responsável por um acréscimo significativo na resistência de aderência à tração, e não promoveu alterações significativas na resistência de aderência ao cisalhamento.

d) Resistência de aderência à tração e resistência de aderência ao Cisalhamento:

- nesta pesquisa nota-se que, embora componham conjuntamente o mecanismo que promove a aderência, fixando a argamassa ao substrato, por representarem propriedades distintas, a resistência de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento não geram, necessariamente, um mesmo comportamento o que indica a necessidade de realização de ambos os ensaios quando se estuda a aderência dos revestimentos.

e) Resistência de Aderência à tração e ao cisalhamento com utilização de aditivo retentor de água – INFLUÊNCIA DA ALTA TEMPERATURA:

- o uso de aditivo retentor de água na argamassa de chapisco quando submetido a condições severas de temperatura, durante a cura do mesmo, fez com que os valores de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento não sofressem modificações significativas, sendo então recomendado para uso no chapisco quando esta camada for aplicada em condições de temperatura severa.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante as análises realizadas para esta pesquisa algumas questões resultaram em uma necessidade de maiores investigações acerca de seus efeitos. Para tal, algumas sugestões para trabalhos futuros foram estabelecidas.

No decorrer da pesquisa, notou-se uma grande variabilidade dos resultados para a aplicação mecanizada com recipiente acoplado, a canequinha, dos chapiscos estudados, sendo uma das idéias para esclarecer os resultados obtidos seria a utilização de outras técnicas de aplicação mecanizada como a bomba de projeção afim de verificar se a mesma mostrará problemas na execução e também resultará em variabilidade da camada. Outra sugestão seria a utilização de chapiscos com diferentes níveis de fluidez para a verificação da sensibilidade da canequinha a esta variável.

Outra variável intrigante foi o aditivo retentor de água. Sugere-se para este um estudo aprofundado do efeito que o mesmo causa na reologia do chapisco. Durante seu uso notou-se uma grande mudança na fluidez da mistura. E, além disso, sua inserção no chapisco causou uma piora nas propriedades mecânicas do mesmo. Entretanto, no que diz respeito a resistência de aderência, este foi o responsável por uma melhoria significativa, sendo esta dualidade nos resultados um aspecto interessante a ser investigado.

Ainda, no decorrer da pesquisa verificou-se que a fixação da relação água/cimento dos chapisco promoveu grande diferença na fluidez deste material. Para tal, propõem-se então, ao invés da fixação desta, fixar uma consistência e possibilitar variação da relação água/cimento com o intuito de impedir uma fluidez excessiva ou insuficiente para, com isso, verificar o efeito gerado na resistência de aderência do sistema de revestimentos.

Além destes, propõe-se a investigação aprofundada da real contribuição da resistência de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento tentando correlacionar estas propriedades e quantificar entre estas suas contribuições.

REFERÊNCIAS

- AFRIDI, M. U. K.; OHAMA, Y.; 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. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- ANTUNES, R. P. N. **Influência da Reologia e da Energia de Impacto na Aderência de Revestimento de Argamassa**. 2005. 162p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- ARAÚJO, G. S. **Estudos de Parâmetros Texturais das Areias para Argamassas de Revestimento através da Análise de Imagens**. 2001. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES.
- ARAÚJO JR., 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 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.
- _____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13280**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica. Rio de Janeiro, 1995.

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

_____. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. [s. l.], 2001

_____. **NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e dos espaços vazios. [s. l.], 1996.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 76**: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método Blaine). Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BALLESTER, P.; HIDALGO A.; MÁRMOL I.; MORALES J.; SÁNCHEZ L. Effect of Brief Heat-Curing on Microstructure and Mechanical Properties in Fresh Cement Based Mortars. **Cement and Concrete Research**. n. 39, p. 573-579, April. 2009.

BASTOS, P. K. X. **Retração e Desenvolvimento de Propriedades Mecânicas de Argamassas Mistas de Revestimento**. 2001. 172p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

BASTOS, P. K. X. Módulo de Deformação de Argamassas – Conceito e Métodos de Determinação. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 5., 2003, São Paulo, SP.

BAUER, E.; SOUZA, J. G. G.; LARA, P. L. O.; ALVES, N. J. D.; DO Ó, S. W.; PAES, I. N. L.; GONÇALVES, S. R. C.; SANTOS, C. C. N.; RAMOS, D. V. M. **Revestimentos de**

Argamassa: Características e Peculiaridades. 2005. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/comunidades/brasil/brasil/download/LNK_05/REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA.pdf > Acesso em Junho de 2010.

BREA, F. M. Desenvolvimento de Formulações de Argamassa para Aplicação Manual. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 3., 1999, Vitória, ES.

CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. **Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa.** 1998. 13p. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, SP.

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. 285p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. Importância dos Materiais na Aderência dos Revestimentos de Argamassa. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 4., 2001, Brasília, DF.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de Casos de Descolamento de Revestimento de Argamassa Aplicado sobre Estrutura de Concreto. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 6., 2005, Florianópolis, SC.

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, RS.

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, SP.

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 – (Recomendações Técnicas Habitaré, v.1).

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

COSTA, E. B. C.; ANTUNES, R. P. N.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Avaliação do Efeito da Reologia e Energia de Impacto na Resistência de Aderência de Revestimentos de Argamassa. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSA DE CONSTRUÇÃO, 3º, Lisboa, 2010. **Anais...** Lisboa: APFAC, 2010.

- COSTA, F. N. **Processo de Execução de Revestimentos de Fachada de Argamassa: Problemas e Oportunidades de Melhoria**. 2005. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.
- 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. 2003.
- DAFICO, D. A.; CAVALCANTE, M. C. O.; ALMEIDA, A. F. Estudo da Eficiência de Aditivos Impermeabilizantes para Argamassas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 6., 2005, Florianópolis, SC.
- DAL MOLIN, D. C. C. **Contribuição ao estudo das Propriedades Mecânicas dos Concretos de Alta Resistência com e sem Adição de Microssílica**. 1995. 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- DO Ó, S. W. **Análise da Retenção de Água em Argamassas de Revestimento Aditivadas**. 2004. 173 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 de Aderência à Tração e Permeabilidade à Água. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 6., 2005, Florianópolis, SC.
- 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, RS.
- EZZIANE, K.; BOUGARA, A.; KADRI, A.; KHELAFI, H.; KADRI, E. Compressive Strength of Mortar Containing Natural Pozzolan Under Various Curing Temperature. **Cement & Concrete Composites**, n. 29, p. 587-593, March. 2007.
- FERNANDES, H. C. **Estimativa da Energia de Lançamento das Argamassas Projetadas por Spray a Ar Comprimido**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- FERNANDES, H. C.; COSTA, E. B. C.; ARA, A. B.; CAMPORA, F. L.; JOHN, V. M. Influência da Forma de Aplicação e da Reologia da Argamassa nas Propriedades Mecânicas dos Revestimentos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 8., 2009, Curitiba, PR.
- 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.

- HASSAN, K.E.; ROBERY, P.C.; AL-ALAWI, L. Effect of Hot-dry Curing Environment on the Intrinsic Properties of Repair Materials. **Cement e Concrete Composites**. n. 22, p. 453-458. 2000.
- HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. Ed. PINI, 1993, São Paulo.
- 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, RS.
- JAWOROSKI, H. C. **Estudo Experimental em Alvenaria Estrutural: Resistência à Compressão e Resistência de Aderência**. 1990. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.
- KUO, W.; HUANG, J; LIN, C. Effects of organo-modified montmorillonite on strengths and permeability of cement mortars. **Cement and Concrete Research**, n. 36, p. 886-895. 2006.
- LAFHAJ, Z.; GOUEYGOU, M.; DJERBI, A.; KACZMAREK, M. Correlation Between Porosity, Permeability and Ultrasonic Parameters of Mortar with Variable Water/Cement Ratio and Water Content. **Cement and Concrete Research**, n. 36, p. 625-633. 2006.
- LEAL, F. E. C. B. **Estudo do Desempenho do Chapisco como Procedimento de Preparação de Base em Sistemas de Revestimento**. 2003. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Brasília, DF.
- 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. 2005.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete – Microstructure, Properties and Materials**. 3 ed. Estados Unidos da América, McGraw- Hill, 2006. Disponível em: < [HTTP://www.docstoc.com/docs/2815799/Concrete-Microstructure-Properties-and-Materials](http://www.docstoc.com/docs/2815799/Concrete-Microstructure-Properties-and-Materials)>. Acesso em setembro de 2009.
- MIRZA, W. H.; AL-NOURY, S. I.; AL-BEDAWI, W. H. Temperature Effect on Strength of Mortars and Concrete Containing Blended Cements. **Cement and Concrete Composites**, n. 13, p. 197-202. 1991.
- MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura do Chapisco**. 2007. 234 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade

Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.

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 DAS ARGAMASSAS**, 6., 2005, Florianópolis, SC.

OLIVEIRA, N. M.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Estudo de Desempenadeiras Alternativas para Aplicação do Chapisco Colante. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 8., 2009, Curitiba, PR.

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. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. Influência da Estrutura de Poros de Argamassas Mistas e de Blocos de Concreto e Cerâmico no Desempenho dos Revestimentos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 6., 2005, Florianópolis, SC.

PARAVISI, S. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. 2008. 179p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.

PEREIRA, P. C.; CARASEK, H.; FRANCINETE Jr., P. Influência da Cura no Desempenho de Revestimentos com Argamassas Inorgânicas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 6, 2005, Florianópolis, SC.

POLITO, G.; CARVALHO Jr, A. N.; BRANDÃO, GOMES, P. R. Caracterização Microestrutural da Interface Argamassa Mista/Bloco Cerâmico. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 8., 2009, Curitiba, PR.

PÓVOAS, Y. V. **Avaliação da Formação da “Película” na Argamassa Colante e sua Influência na Adesão**. 2005. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, SP.

PRETTO, M. E. J. **Influência da Rugosidade Gerada pelo Tratamento Superficial do Substrato de Concreto na Aderência do Revestimento de Argamassa**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

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, ES.

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

RECENA, F. A. P. **Conhecendo a Argamassa**. Porto Alegre. EDIPUCRS, 2008.

RIBEIRO, J. L. D; CATEN, C. T. Série Monográfica Qualidade. **Projeto de Experimentos**. Porto Alegre, 2003. Apostila - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre.

RUDUIT, F. R. **Influência da Cura de Chapiscos na Aderência em Substrato de Concreto**. 2009. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.

SCARTEZINI, L. M.; JUCÁ. T. R.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARAZEK, 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.

SCARTEZINI, L. M. B. **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. 262p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO.

SCHUTTER, G.; POPPE, A. M. Quantification of the Water Demand of Sand in Mortar. **Construction and Buildings Materials**, n. 18, p. 517-521. 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. 2003.

SEFF L., LABRINCHA J. A., FERREIRA V. M., HOTZA D., REPETTE W. L. Effect of Nano-Silica on Rheology and Fresh Properties of Cement Pastes and Mortars. **Construction and Building Materials**, n. 23, p. 2487–2491. 2009.

SENTONE, D. T.; ROMANO, R. C. O.; JOHN, V. M.; PILEGGI, R. G. Caracterização Reológica de Argamassas Mistas com Incorporador de Ar. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 8., 2009. Curitiba, PR.

SILVA, V. S. **Aderência de Chapisco em Concretos Estruturais – Melhoria da Microestrutura da Zona de Interface pela Adição de Sálica da Casca de Arroz**. 2004. 229 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

SILVA, V. S.; GOMES, A. O.; MARQUES, P. D. P.; NERY, R. A. Aderência de Chapiscos com Aditivos à base de Resina Acrílica em Concretos Estruturais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 7., 2007. Recife, PE.

SILVA, V. S.; LIBÓRIO, J. B. L. Avaliação do Efeito da Sílica Extraída da Casca de Arroz na Aderência de Argamassas e Chapiscos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 5., 2003, São Paulo, SP.

TAN, K.; GJORV, O. E. Performance of Concrete under Different Curing Conditions. **Cement and Concrete Research**, n. 26, p. 355-361. 1996.

TEMOCHE, J. F.; BARROS, M. Estudo do Comportamento Mecânico de Argamassas de Revestimento Devido ao Choque Térmico. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSA DE CONSTRUÇÃO, 3º, Lisboa, 2010. **Anais...** Lisboa: APFAC, 2010.

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, SC.

APÊNDICES

Apêndice A: Resistências Individuais dos corpos-de-prova de concreto rompidos à compressão, em MPa.

Concretagem	Abat. (mm)	Ruptura	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	Interv.	Média Final (MPa)
09/08/2010	130	06/09/2010	36,65	37,99	1,19	39,18	38,66
			38,93				
			38,38			36,80	
09/08/2010	120	06/09/2010	38,67	38,51	0,95	39,47	39,03
			37,49				
			39,38			37,56	
17/08/2010	90	14/09/2010	28,07	35,43	6,62	42,05	39,11
			40,90				
			37,31			28,81	
31/08/2010	110	28/09/2010	33,74	34,84	1,02	35,87	35,40
			35,03				
			35,76			33,82	
13/09/2010	150	11/10/2010	37,98	36,31	1,48	37,79	35,47
			35,16				
			35,78			34,82	
27/09/2010	120	25/10/2010	26,64	35,84	8,17	44,01	40,44
			38,62				
			42,26			27,67	
08/11/2010	130	06/12/2010	42,52	37,96	4,07	42,03	35,69
			36,67				
			34,70			33,90	
Resistência Média Final (MPa)							37,68

Apêndice B: Valores Individuais dos corpos-de-prova de concreto submetidos a absorção de água por capilaridade, em g/cm².

Concretagem	Ruptura	Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)	Média (g/cm ²)	Desvio (g/cm ²)	Interv.	Média Final (g/cm ²)
09/08/2010	06/09/2010	0,38	0,38	0,02	0,40	0,38
		0,40				
		0,35			0,35	
09/08/2010	06/09/2010	0,37	0,37	0,01	0,37	0,37
		0,37				
		0,36			0,36	
17/08/2010	14/09/2010	1,38	1,34	0,08	1,42	1,38
		1,38				
		1,24			1,25	
31/08/2010	28/09/2010	0,45	0,44	0,04	0,49	0,44
		0,48				
		0,40			0,40	
13/09/2010	11/10/2010	1,33	1,45	0,11	1,56	1,51
		1,50				
		1,52			1,34	
27/09/2010	25/10/2010	0,68	0,77	0,24	1,01	0,63
		0,59				
		1,04			0,53	
08/11/2010	06/12/2010	0,24	0,26	0,02	0,28	0,26
		0,27				
		0,27			0,24	
Absorção Média Final (g/cm²)						0,42

Apêndice C: Resistências Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de revestimento submetidos ao ensaios de resistência à tração na flexão, MPa.

Moldagem	Consist. (mm)	Ruptura	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	Nova Média (MPa)
09/09/2010	270	07/10/2010	2,20	2,14	0,06	2,14
			2,11		-0,03	
			2,11		-0,03	
09/09/2010	275	07/10/2010	2,16	2,08	0,08	2,08
			2,11		0,03	
			1,97		-0,11	
09/09/2010	265	07/10/2010	2,20	2,11	0,09	2,11
			2,11		0,00	
			2,02		-0,09	
17/09/2010	274	15/10/2010	2,16	2,23	-0,08	2,23
			2,53		0,30	
			2,02		-0,22	
17/09/2010	274	15/10/2010	1,88	1,92	-0,05	1,92
			1,97		0,05	
			1,92		0,00	
17/09/2010	270	15/10/2010	1,73	1,88	-0,14	1,88
			1,92		0,05	
			1,97		0,09	
01/10/2010	261	29/10/2010	1,73	2,00	-0,27	2,00
			2,16		0,16	
			2,11		0,11	
01/10/2010	287	29/10/2010	2,20	1,98	0,22	1,98
			1,69		-0,30	
			2,06		0,08	
01/10/2010	288	29/10/2010	1,88	2,02	-0,14	2,02
			1,97		-0,05	
			2,20		0,19	
14/10/2010	260	11/11/2010	2,44	1,97	0,47	2,46
			0,98		-0,98	
			2,48		0,52	
14/10/2010	270	11/11/2010	2,44	2,47	-0,03	2,47
			2,39		-0,08	
			2,58		0,11	
14/10/2010	270	11/11/2010	2,25	2,16	0,09	2,16
			2,20		0,05	
			2,02		-0,14	
28/10/2010	290	25/11/2010	2,86	2,78	0,08	2,78
			2,91		0,13	
			2,58		-0,20	
28/10/2010	285	25/11/2010	2,44	2,55	-0,11	2,55
			2,72		0,17	
			2,48		-0,06	
28/10/2010	280	25/11/2010	0,84	2,09	-1,25	2,72
			2,77		0,67	
			2,67		0,58	
28/10/2010	272	25/11/2010	2,53	2,47	0,06	2,47
			2,67		0,20	
			2,20		-0,27	
09/12/2010	250	06/01/2010	2,58	2,41	0,16	2,41
			2,25		-0,16	
			-		-	
09/12/2010	260	06/01/2010	2,20	2,47	-0,27	2,47
			2,63		0,16	
			2,58		0,11	
09/12/2010	265	06/01/2010	2,30	2,27	0,03	2,27
			2,20		-0,06	
			2,30		0,03	
09/12/2010	280	06/01/2010	2,06	2,03	0,03	2,03
			2,11		0,08	
			1,92		-0,11	
Média Final (MPa)						2,26

Apêndice D: Resistências Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de revestimento submetidos ao ensaios de resistência à compressão, MPa.

Moldagem	Consist. (mm)	Ruptura	Resistência à Compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	Nova Média (MPa)
09/09/2010	270	07/10/2010	4,86	4,83	0,03	5,02
			5,23		0,39	
			5,16		0,33	
			3,91		-0,92	
			5,18		0,34	
			4,65		-0,18	
09/09/2010	275	07/10/2010	5,53	5,17	0,36	5,30
			5,09		-0,08	
			5,59		0,42	
			5,51		0,34	
			4,78		-0,39	
			4,53		-0,64	
09/09/2010	265	07/10/2010	5,10	5,18	-0,08	5,18
			4,84		-0,34	
			5,43		0,25	
			5,23		0,05	
			5,56		0,39	
			4,91		-0,26	
17/09/2010	274	15/10/2010	5,25	4,83	0,42	5,26
			5,28		0,45	
			6,24		1,41	
			4,13		-0,70	
			3,99		-0,84	
			4,09		-0,74	
17/09/2010	274	15/10/2010	4,29	4,74	-0,45	4,72
			3,93		-0,82	
			5,61		0,87	
			4,20		-0,54	
			5,15		0,41	
			5,28		0,53	
17/09/2010	270	15/10/2010	4,81	4,28	0,54	4,25
			4,33		0,05	
			4,00		-0,27	
			5,16		0,89	
			2,91		-1,36	
			4,44		0,16	
01/10/2010	261	29/10/2010	4,05	4,98	-0,93	5,04
			4,19		-0,79	
			4,86		-0,11	
			5,21		0,24	
			5,60		0,62	
			5,94		0,96	
01/10/2010	287	29/10/2010	4,03	4,38	-0,36	4,38
			4,04		-0,35	
			4,34		-0,05	
			4,56		0,18	
			4,86		0,48	
			4,48		0,09	
01/10/2010	288	29/10/2010	5,04	4,81	0,23	4,79
			4,48		-0,34	
			4,74		-0,07	
			5,71		0,90	
			4,93		0,11	
			3,98		-0,84	
14/10/2010	260	11/11/2010	5,64	5,33	0,30	5,33
			5,60		0,27	
			5,35		0,02	
			5,43		0,09	
			5,09		-0,25	
			4,90		-0,43	

Moldagem	Consist. (mm)	Ruptura	Resistência à Compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	Nova Média (MPa)
14/10/2010	270	11/11/2010	4,44	4,71	-0,28	4,59
			4,80		0,09	
			4,46		-0,25	
			4,28		-0,44	
			4,98		0,26	
			5,33		0,61	
14/10/2010	270	11/11/2010	5,03	4,85	0,18	4,96
			4,80		-0,05	
			5,20		0,35	
			4,59		-0,26	
			5,18		0,33	
			4,31		-0,54	
28/10/2010	290	25/11/2010	4,29	4,85	-0,57	4,78
			4,54		-0,32	
			5,18		0,32	
			5,71		0,86	
			4,49		-0,37	
			4,93		0,07	
28/10/2010	285	25/11/2010	3,89	4,56	-0,67	4,24
			-		-	
			4,40		-0,16	
			5,11		0,56	
			4,09		-0,47	
			5,29		0,73	
28/10/2010	280	25/11/2010	3,91	4,66	-0,75	4,80
			4,00		-0,66	
			5,00		0,34	
			5,66		1,00	
			5,04		0,37	
			4,38		-0,29	
28/10/2010	272	25/11/2010	4,28	4,48	-0,20	4,43
			4,34		-0,14	
			4,24		-0,24	
			5,33		0,85	
			3,83		-0,65	
			4,85		0,37	
09/12/2010	250	06/01/2010	4,13	5,27	-1,15	5,57
			5,35		0,08	
			4,75		-0,52	
			5,63		0,35	
			5,73		0,45	
			6,05		0,78	
09/12/2010	260	06/01/2010	6,65	5,71	0,94	5,46
			6,29		0,58	
			5,29		-0,42	
			5,79		0,08	
			4,93		-0,78	
			5,30		-0,41	
09/12/2010	265	06/01/2010	6,06	6,03	0,04	6,06
			6,58		0,55	
			6,31		0,29	
			6,25		0,22	
			5,34		-0,69	
			5,63		-0,40	
09/12/2010	280	06/01/2010	5,84	6,11	-0,28	6,11
			6,18		0,06	
			6,09		-0,03	
			6,56		0,45	
			6,11		0,00	
			5,90		-0,21	
Média Final (MPa)						5,01

Apêndice E: Valores Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de revestimento submetidos aos ensaios de absorção de água por capilaridade, g/cm².

Moldagem	Ensaio	Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)	Média (g/cm ²)	Desvio (g/cm ²)	Interv.	Média Final (g/cm ²)
09/09/2010	07/10/2010	0,81	0,69	0,20	0,89	0,81
		0,81				
		0,46			0,49	
09/09/2010	07/10/2010	0,64	0,69	0,06	0,74	0,65
		0,75				
		0,66			0,63	
09/09/2010	07/10/2010	0,58	0,62	0,06	0,68	0,58
		0,59				
		0,69			0,56	
17/09/2010	15/10/2010	0,63	0,62	0,06	0,68	0,65
		0,55				
		0,68			0,56	
17/09/2010	15/10/2010	0,65	0,67	0,07	0,74	0,63
		0,61				
		0,75			0,60	
17/09/2010	15/10/2010	0,67	0,78	0,17	0,94	0,68
		0,97				
		0,70			0,61	
01/10/2010	29/10/2010	0,82	0,83	0,01	0,85	0,83
		0,84				
		0,84			0,82	
01/10/2010	29/10/2010	0,72	0,73	0,03	0,76	0,73
		0,76				
		0,71			0,70	
01/10/2010	29/10/2010	0,86	0,92	0,05	0,97	0,95
		0,94				
		0,95			0,87	
14/10/2010	11/11/2010	0,60	0,68	0,07	0,75	0,72
		0,69				
		0,75			0,61	
14/10/2010	11/11/2010	0,78	0,72	0,07	0,79	0,75
		0,73				
		0,64			0,65	
14/10/2010	11/11/2010	0,77	0,80	0,04	0,84	0,77
		0,85				
		0,78			0,76	
28/10/2010	25/11/2010	0,80	0,72	0,09	0,81	0,77
		0,73				
		0,63			0,64	
28/10/2010	25/11/2010	0,80	0,84	0,15	0,99	0,75
		0,70				
		1,00			0,68	
28/10/2010	25/11/2010	0,82	0,79	0,05	0,84	0,79
		0,73				
		0,82			0,73	
28/10/2010	25/11/2010	0,71	0,62	0,10	0,73	0,68
		0,51				
		0,65			0,52	
09/12/2010	06/01/2010	0,70	0,60	0,09	0,69	0,55
		0,58				
		0,53			0,51	
09/12/2010	06/01/2010	0,81	0,71	0,10	0,81	0,71
		0,69				
		0,62			0,61	
09/12/2010	06/01/2010	0,78	0,71	0,06	0,77	0,67
		0,69				
		0,66			0,65	
09/12/2010	06/01/2010	0,52	0,34	0,15	0,50	0,26
		0,26				
		0,26			0,19	
Média Final (g/cm²)						0,70

Apêndice F: Resistências Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de chapisco, submetidos ao ensaios de resistência à tração na flexão, MPa.

Tipo de Chapisco	Moldagem	Consist. (mm)	Ruptura	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio (MPa)	Nova Média (MPa)
CB Manual	06/09/2010	343	04/10/2010	4,55	4,08	2,41	3,84
				3,94		1,80	
				3,75		1,61	
CB Manual	25/10/2010	337	22/11/2010	3,52	4,13	1,44	4,43
				4,27		2,19	
				4,59		2,52	
CB Manual Sílica	06/09/2010	335	04/10/2010	5,25	5,02	3,14	5,02
				4,92		2,81	
				4,88		2,77	
CB Manual Sílica	25/10/2010	342	22/11/2010	3,84	4,52	1,61	4,85
				4,69		2,45	
				5,02		2,78	
CB Manual Ad. Ret.	14/09/2010	233	13/10/2010	3,19	3,05	1,27	3,23
				3,28		1,36	
				2,67		0,75	
CB Manual Ad. Ret.	06/12/2010	228	03/01/2010	3,52	3,13	1,64	2,93
				2,81		0,94	
				3,05		1,17	
CB Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	218	03/01/2010	3,14	3,42	1,14	3,42
				3,70		1,70	
				-		-	
CB Mecaniz.	28/09/2010	333	26/10/2010	2,86	2,91	0,88	2,74
				3,23		1,25	
				2,63		0,64	
CB Mecaniz. Sílica	28/09/2010	353	26/10/2010	3,89	3,84	1,88	3,84
				-		-	
				3,80		1,78	
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	288	08/11/2010	2,48	2,53	0,52	2,53
				2,63		0,66	
				2,48		0,52	
DM Manual	06/09/2010	-	04/10/2010	4,64	4,22	2,17	4,01
				4,13		1,66	
				3,89		1,42	
DM Manual	25/10/2010	-	22/11/2010	4,41	4,17	2,25	4,36
				3,80		1,64	
				4,31		2,16	
DM Manual Sílica	14/09/2010	-	13/10/2010	4,92	4,70	2,14	4,88
				4,83		2,05	
				4,36		1,58	
DM Manual Sílica	25/10/2010	-	22/11/2010	3,94	4,08	1,39	4,08
				4,13		1,58	
				4,17		1,63	
DM Manual Ad. Ret.	14/09/2010	302	13/10/2010	2,77	3,27	0,67	3,52
				3,38		1,28	
				3,66		1,56	
DM Manual Ad. Ret.	06/12/2010	287	03/01/2010	3,75	3,84	1,28	3,84
				3,80		1,33	
				3,98		1,52	
DM Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	288	03/01/2010	4,22	3,83	1,80	3,63
				3,66		1,24	
				3,61		1,20	
DM Mecaniz.	28/09/2010	-	26/10/2010	3,33	2,70	0,86	3,02
				2,06		-0,41	
				2,72		0,25	
DM Mecaniz. Sílica	11/10/2010	-	08/11/2010	3,28	3,66	1,02	3,84
				3,94		1,67	
				3,75		1,48	
DM Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	278	08/11/2010	3,14	3,16	1,11	3,16
				3,33		1,30	
				3,00		0,97	

Apêndice G: Resistências Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de chapisco, submetidos ao ensaios de resistência à compressão, MPa.

Tipo de Chapisco	Moldagem	Consist. (mm)	Ruptura	Resistência à Compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Interv.	Média Final (MPa)
CB Manual	06/09/2010	343	04/10/2010	7,59	10,57	2,50	13,07	11,58
				7,74				
				12,80				
				13,35				
				11,76				
CB Manual	25/10/2010	337	22/11/2010	10,18	10,84	1,14	8,07	10,47
				10,21			11,98	
				9,86				
				11,19				
				12,70				
CB Manual Sílica	06/09/2010	335	04/10/2010	9,70	13,60	3,41	9,70	14,74
				11,39			17,01	
				13,18				
				9,33				
				10,19				
CB Manual Sílica	25/10/2010	342	22/11/2010	14,48	13,24	1,20	10,20	13,33
				16,56			14,44	
				17,89				
				13,15				
				12,54				
CB Manual Ad. Ret.	14/09/2010	233	13/10/2010	14,78	5,93	0,60	12,04	5,70
				13,81				
				13,84				
				11,34				
				5,55			6,54	
CB Manual Ad. Ret.	06/12/2010	228	03/01/2010	5,46	9,30	1,43	5,33	9,42
				7,10			10,73	
				6,01				
				5,80				
				5,66				
CB Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	218	03/01/2010	9,16	8,78	0,87	7,87	8,84
				9,70			9,65	
				8,39				
				7,08				
				11,04				
CB Mecaniz.	28/09/2010	333	26/10/2010	10,41	9,69	1,09	7,91	9,68
				8,38			10,77	
				9,66				
				7,64				
				8,05				
CB Mecaniz. Sílica	28/09/2010	353	26/10/2010	9,63	11,00	1,12	12,12	10,97
				9,31				
				10,05				
				8,26				
				10,61				
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	288	08/11/2010	11,11	5,99	0,47	8,60	5,91
				9,06				
				9,01				
				12,28				
				11,64				
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	288	08/11/2010	12,06	5,99	0,47	6,46	5,91
				10,28				
				9,90				
				9,85				
				6,28				
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	288	08/11/2010	5,89	5,99	0,47	5,51	5,91
				5,50				
				5,91				
				6,76				
				5,58				

Apêndice H: Valores Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de chapisco, submetidos ao ensaios de absorção de água por capilaridade, g/cm².

Tipo de Chapisco	Moldagem	Ensaio	Absorção de Água por Capilaridade (g/cm ²)	Média (g/cm ²)	Desvio (g/cm ²)	Interv.	Média Final (g/cm ²)
CB Manual	06/09/2010	04/10/2010	0,46	0,42	0,04	0,46	0,42
			0,38			0,37	
			0,41				
CB Manual	25/10/2010	22/11/2010	0,57	0,58	0,06	0,64	0,58
			0,52			0,52	
			0,64				
CB Manual Sílica	06/09/2010	04/10/2010	0,45	0,40	0,09	0,49	0,45
			0,45			0,31	
			0,30				
CB Manual Sílica	25/10/2010	22/11/2010	0,17	0,33	0,16	0,49	0,33
			0,34			0,17	
			0,48				
CB Manual Ad. Ret.	14/09/2010	13/10/2010	0,61	0,59	0,04	0,63	0,61
			0,55			0,56	
			0,61				
CB Manual Ad. Ret.	06/12/2010	03/01/2010	0,24	0,46	0,22	0,68	0,58
			0,49			0,25	
			0,67				
CB Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	03/01/2010	0,56	0,51	0,11	0,62	0,58
			0,39			0,40	
			0,59				
CB Mecaniz.	28/09/2010	26/10/2010	0,69	0,72	0,03	0,75	0,74
			0,73			0,70	
			0,75				
CB Mecaniz. Sílica	28/09/2010	26/10/2010	0,55	0,58	0,18	0,76	0,49
			0,42			0,40	
			0,78				
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	08/11/2010	0,51	0,50	0,04	0,54	0,50
			0,53			0,45	
			0,45				
DM Manual	06/09/2010	04/10/2010	0,48	0,47	0,05	0,52	0,47
			0,51			0,42	
			0,42				
DM Manual	25/10/2010	22/11/2010	0,71	0,84	0,11	0,95	0,90
			0,88			0,73	
			0,92				
DM Manual Sílica	14/09/2010	13/10/2010	0,88	0,75	0,13	0,88	0,75
			0,63			0,62	
			0,73				
DM Manual Sílica	25/10/2010	22/11/2010	0,73	0,73	0,08	0,82	0,73
			0,82			0,65	
			0,65				
DM Manual Ad. Ret.	14/09/2010	13/10/2010	0,83	0,76	0,06	0,82	0,72
			0,72			0,69	
			0,73				
DM Manual Ad. Ret.	06/12/2010	03/01/2010	0,72	0,72	0,04	0,75	0,72
			0,75			0,68	
			0,68				
DM Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	03/01/2010	0,41	0,54	0,12	0,66	0,61
			0,64			0,42	
			0,57				
DM Mecaniz.	28/09/2010	26/10/2010	0,68	0,79	0,17	0,96	0,69
			0,70			0,61	
			0,99				
DM Mecaniz. Sílica	11/10/2010	08/11/2010	0,71	0,70	0,05	0,75	0,73
			0,65			0,66	
			0,74				
DM Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	08/11/2010	0,62	0,64	0,03	0,67	0,64
			0,66			0,61	
			-				

Apêndice I: Valores Individuais dos corpos-de-prova de argamassa de chapisco, submetidos ao ensaios de densidade de massa aparente, kg/m³.

Tipo de Chapisco	Moldagem	Ensaio	Densidade de Massa Estado Endurecido (kg/m ³)	Média (kg/m ³)	Desvio (kg/m ³)	Interv.	Média Final (kg/m ³)
CB Manual	06/09/2010	04/10/2010	2046	2039	29,56	2069	2055
			2064			2010	
			2007			2054	
CB Manual	25/10/2010	22/11/2010	2030	2031	22,90	2054	2020
			2055			2008	
			2009			2059	
CB Manual Sílica	06/09/2010	04/10/2010	2048	2051	8,44	2042	2046
			2044			2042	
			1988			2042	
CB Manual Sílica	25/10/2010	22/11/2010	2039	2016	26,10	1990	2030
			2021			1873	
			1874			1854	
CB Manual Ad. Ret.	14/09/2010	13/10/2010	1860	1863	9,51	1873	1858
			1856			1854	
			1976			1972	
CB Manual Ad. Ret.	06/12/2010	03/01/2010	1935	1945	27,45	1917	1929
			1924			1921	
			1888			1880	
CB Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	03/01/2010	1924	1900	20,51	1880	1889
			1889			2028	
			2028			2018	
CB Mecaniz.	28/09/2010	26/10/2010	2018	2018	9,39	2009	2018
			2009			2105	
			2098			2064	
CB Mecaniz. Sílica	28/09/2010	26/10/2010	2064	2052	52,65	2000	2081
			1995			1835	
			1839			1809	
CB Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	08/11/2010	1796	1809	25,72	1783	1794
			1792			1984	
			1954			1948	
DM Manual	06/09/2010	04/10/2010	1948	1963	21,14	1942	1951
			1987			1986	
			1989			1955	
DM Manual	25/10/2010	22/11/2010	1958	1971	15,84	1955	1962
			1965			1995	
			1978			1977	
DM Manual Sílica	14/09/2010	13/10/2010	1995	1986	8,77	1977	1986
			1985			1981	
			1959			1971	
DM Manual Sílica	25/10/2010	22/11/2010	1973	1971	10,51	1960	1976
			1980			1911	
			1895			1897	
DM Manual Ad. Ret.	14/09/2010	13/10/2010	1897	1902	9,70	1892	1896
			1913			1941	
			1932			1937	
DM Manual Ad. Ret.	06/12/2010	03/01/2010	1937	1937	4,31	1932	1937
			1941			1962	
			1959			1949	
DM Man. Ad. Ret. AT	06/12/2010	03/01/2010	1948	1955	6,43	1949	1959
			1959			1985	
			1967			1892	
DM Mecaniz.	28/09/2010	26/10/2010	1885	1939	46,20	1892	1965
			1963			2051	
			1991			2039	
DM Mecaniz. Sílica	11/10/2010	08/11/2010	2037	2023	27,92	1995	2039
			2042			1995	
			1963			1964	
DM Mecaniz. Ad. Ret.	11/10/2010	08/11/2010	1933	1964	30,92	1933	1964
			1995			1933	
			1995			1933	