

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DE
BLOCOS CERÂMICOS E DA TEMPERATURA DE CURA NO
DESEMPENHO MECÂNICO DAS ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO EM SUBSTRATO CERÂMICO**

Elaine Bahlis Moreira

Porto Alegre

janeiro 2006

ELAINE BAHLLIS MOREIRA

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DE
BLOCOS CERÂMICOS E DA TEMPERATURA DE CURA NO
DESEMPENHO MECÂNICO DAS ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO EM SUBSTRATO CERÂMICO**

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

Porto Alegre

janeiro 2006

MOREIRA, Elaine Bahlis

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico/ Moreira, Elaine Bahlis – Porto Alegre;

PPGEC/UFRGS, 2006

180p.

Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Mestre em Engenharia. Orientadora: Angela Borges Masuero.

1. argamassas de revestimento 2. substrato 3. aderência 4. cura 5. absorção

I. Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

CCAA2

ELAINE BAHLLIS MOREIRA

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

Porto Alegre, 13 de janeiro de 2006.

Prof^ª. Angela Borges Masuero
Dr^ª. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Fernando Schnaid
Prof^º. Ph.D. pela Oxford University, Inglaterra
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Dr^ª. pela Universidade Politécnica de São Paulo

Prof^ª. Margarete Regina Freitas Gonçalves (UFPEL)
Dr^ª. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Hélio Adão Greven (ULBRA)
Dr. Ing. pela ALE – Universität Tec. Hannover

Aos meus pais Sérgio e Eliana.
Às minhas irmãs Fernanda e Márcia.
Ao Angelo.
A Edna, grande amiga e incentivadora.
A vocês por todo amor, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste estudo, inúmeras foram as pessoas ou empresas que de forma direta ou indireta auxiliaram para torná-lo uma realidade. Certamente, sem a colaboração de todos a realização deste trabalho ficaria de alguma forma prejudicada. Assim, não poderia esquecer de quem, de forma mais expressiva, contribuíram na realização desta pesquisa.

Primeiro agradeço a Deus por todos os momentos e oportunidades de minha vida e, ainda por ser meu ponto de apoio durante todo trabalho.

À Angela Borges Masuero pela orientação e contribuição tanto neste trabalho quanto em minha vida pessoal. Obrigada pela confiança.

À todas empresas responsáveis pela doação de alguns dos materiais utilizados durante a realização do projeto experimental desta pesquisa.

Aos funcionários do LEME, seu Teixeira e Fontes por todo auxílio e disponibilidade durante a etapa experimental do trabalho.

A todo pessoal do Kumon pelo incentivo e ajuda. Especialmente as amigas de sempre Daniele Armelin e Marlise Dalcin que sempre acreditaram e vibraram com cada etapa vencida. Ainda a Ana Cristina por me disponibilizar todo o tempo que fosse necessário para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas do NORIE, pelos ensinamentos e trocas de experiências. Especialmente às amigas Edna Possan, Simone Venquiaruto, Cristiane Pauletti e Natália Posser que sempre estiveram ao meu lado, inclusive aos domingos no laboratório, dando grande auxílio e apoio.

Aos funcionários do NORIE, e acima de tudo amigos, Éder e Airton por todas as conversas, dedicação e auxílio necessário durante o projeto experimental no laboratório. Ainda a Simone pela simpatia e alegria com que me acolhia todo o dia quando chegava ao NORIE.

Aos bolsistas Lucas, Rafael, Felipe, Sílvio, Andreas, Douglas, em especial ao Roger Madail e a Patrícia Poyastro, que além de terem sido pessoas essenciais durante esta etapa de minha vida, foram incansáveis e estavam sempre presentes.

À querida e incansável amiga Edna Possan por todo apoio, disposição, horas no laboratório, idéias e tranquilidade. A você minha mais profunda gratidão, admiração e amizade. Se não fosse pelo seu apoio certamente este trabalho não teria sido finalizado.

À minha família, que sempre atuou de maneira presente e essencial em minha vida. Meu pai, Sérgio e minha mãe, Eliana pelos exemplos de família, profissional, de persistência e de caráter. Ainda pelo apoio sempre dedicado e todo suporte financeiro despendido durante todo o período de realização do Mestrado. A vocês, meu porto seguro, todo meu orgulho, agradecimento e admiração.

Às minhas irmãs Fernanda e Márcia que foram muito mais que minha família em Porto Alegre. Vocês certamente foram companhias indispensáveis e onde sei que sempre encontrarei auxílio, amizade, sinceridade e carinho.

E, ao Angelo, minha paixão e amigo fiel, que sempre esteve ao meu lado, presente em todos os momentos com sua tranquilidade, incentivo, compreensão, carinho, solidariedade e amor.

No fim tudo dá certo.
Se não deu certo, ainda não chegou o fim.

RESUMO

MOREIRA, E.B. Influência do Índice de Absorção de Água de Blocos Cerâmicos e da Temperatura de Cura no Desempenho Mecânico das Argamassas de Revestimento em Substrato Cerâmico. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Nas edificações, as argamassas de revestimento têm diversas funções e sabe-se que o perfeito desempenho daquelas está diretamente relacionado com o tipo de argamassa empregada, suas propriedades tanto no estado fresco quanto no endurecido, como também das diversas propriedades do substrato no qual a mesma será aplicada. O baixo desempenho de uma ou mais destas funções pode gerar o aparecimento de manifestações patológicas, fatores que fazem com que as argamassas deixem de cumprir suas funções trazendo desconforto ao usuário bem como custos de manutenção e reparo. A temperatura e a umidade relativa do ar, durante a cura do revestimento, influenciam a velocidade de endurecimento da argamassa e sabe-se que além temperaturas com grande amplitude de variação ao longo do dia. Com base neste contexto, este trabalho busca avaliar o desempenho de argamassas de revestimento (industrializada, preparada em obra com utilização de cal hidratada e preparada em obra com utilização de aditivo incorporador de ar) quando aplicadas a substratos cerâmicos com 3 níveis de absorção de água, e curadas nas temperaturas de 5, 20 e 40°C. Para tal, verificou-se o comportamento em termos de resistência de aderência à tração do revestimento, além de análises realizadas em corpos-de-prova para cada tipo de argamassa de revestimento. Em relação à temperatura de cura, pode-se dizer que a temperatura intermediária (20°C) apresentou melhores resultados para a grande maioria das combinações entre argamassas de revestimentos e blocos cerâmicos. No que se refere à argamassa preparada em obra com a utilização de cal hidratada, o substrato com menor absorção de água, com cura em temperatura intermediária, apresentou melhor aderência.

Palavras-chave: argamassas de revestimento; substrato; aderência, cura, absorção.

ABSTRACT

MOREIRA, E.B. The influence of water absorption in ceramic blocks and the temperature of cure in mortars performance. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

In constructions, mortars has many functions and it's known that these perfect performance are directly related with the mortar kind, the properties in fresh and hardened stages, as also of the bond properties in which it will be applied. Overhead of one or more of these functions can accelerate the pathological manifestations appearance, things that make that mortars leaves off these functions bringing the user discomfort as well as maintenance costs and repair. The temperature and the air relative humidity, during the cure has influence in the mortar hardening. Therefore it's true that all day long we have beyond temperatures with great variation. In this context, this dissertation searches to evaluate the mortars performance (industrialized, prepared with lime and prepared with additive) when applied in bricks with 3 water absorption levels, and cured temperatures of 5, 20 and 40°C. For such, the traction strength behavior was verified, beyond analyses in samples for each mortar kind. About the cure temperature, it can be said that the medium temperature (20°C) presented better resulted for the great majority of the combinations between mortars and ceramic bricks. About mortars, the one prepared with lime, the bond with lower water absorption, with medium cure temperature, presented better performance.

Key-words: mortars; background; bond, curing, absorption

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE FIGURAS	16
1 INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVOS.....	25
1.2 DELIMITAÇÕES	25
1.3 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	25
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	29
2.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS.....	31
2.1.1 Cimento Portland.....	32
2.1.2 Cal	34
2.1.3 Aditivos	36
2.1.4 Areia	37
2.1.5 Água	38
2.2 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS	39
2.2.1 No estado fresco	39
2.2.2 No estado endurecido	40
2.2.2.3 Capacidade de absorver deformações	40
2.2.2.3 Aderência.....	41
2.2.2.3 Durabilidade	43
2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO AO SEU PREPARO.....	44
2.3.1 Preparadas em obra	44

2.3.2	Industrializada	46
3 BLOCOS DE VEDAÇÃO E OS MECANISMOS DE ADERÊNCIA ÀS ARGAMASSAS		47
3.1	Propriedades	47
3.2	Mecanismos de aderência – substrato/argamassa.....	48
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL		51
4.1	VARIÁVEIS DE ANÁLISE	51
4.2	PROJETO EXPERIMENTAL	52
4.3	ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	53
4.3.1	Blocos Cerâmicos.....	54
4.3.2	Cimento	56
4.3.3	Cal Hidratada.....	57
4.3.4	Agregado miúdo	58
4.3.5	Aditivo.....	59
4.3.6	Argamassa Industrializada	60
4.4	AMBIENTE DE CURA.....	61
4.5	CONFECÇÃO DAS MINI-PAREDES.....	63
4.6	CONFECÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	64
4.6.1	Argamassa A ₁	65
4.6.2	Argamassa A ₂	66
4.6.3	Argamassa A ₃	66
4.7	APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO.....	66
4.8	PREPARO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	68
4.9	ENSAIOS REALIZADOS	70
4.9.1	Ensaio com argamassas no estado fresco	71
2.2.2.3	Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão	71

2.2.2.3	Determinação da retenção de água	72
2.2.2.3	Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado	74
4.9.2	Ensaio em argamassa no estado endurecido	75
2.2.2.3	Ensaio em argamassa aplicada sobre substratos	75
2.2.2.3	Determinação da resistência de aderência à tração	75
2.2.2.3	Ensaio em corpos-de-prova	79
2.2.2.3	Determinação da resistência à compressão axial	79
2.2.2.3	Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos	81
2.2.2.3	Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.....	82
2.2.2.3	Determinação da absorção por capilaridade.....	83
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	85
5.1	ENSAIOS EM ARGAMASSA: MINI-PAREDES.....	85
5.1.1	Verificação da resistência de aderência à tração em mini-paredes	85
2.2.2.3	Desempenho das argamassas de revestimento do ponto de vista de aderência.....	90
2.2.2.3	Incremento de carga das argamassas de revestimento do ponto de vista de aderência	95
2.2.2.3	Efeito isolado das variáveis de análise na resistência de aderência à tração.....	99
2.2.2.3	Interação Temperatura x Substrato.....	103
2.2.2.3	Interação Temperatura x Argamassa	107
2.2.2.3	Interação Substrato x Argamassa	111
5.2	ENSAIOS EM ARGAMASSA: CORPOS-DE-PROVA.....	116
5.2.1	Verificação da resistência à compressão axial	116
5.2.2	Resistência à tração por compressão diametral	121
5.2.3	Verificação da densidade de massa aparente no estado endurecido	123

5.2.4	Verificação da absorção por capilaridade	124
5.3	RELAÇÃO ENTRE MINI-PAREDES E CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS	126
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
6.1	CONCLUSÕES	129
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	134
	REFERÊNCIAS	133
	ANEXO A	141
	ANEXO B	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: traços utilizados em algumas regiões do Brasil,.....	31
Tabela 2: alguns materiais disponíveis em regiões do Brasil, Dubaj (2000); Mattos (2001); entre outros	32
Tabela 3: matriz das variáveis de análise – mini-paredes	52
Tabela 4: pesquisa de escolha dos materiais	53
Tabela 5: identificação dos blocos cerâmicos	55
Tabela 6: características físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos.....	55
Tabela 7: características físicas e químicas do cimento	56
Tabela 8: características físicas e químicas da cal hidratada.....	57
Tabela 9: caracterização do agregado miúdo	58
Tabela 10: caracterização do aditivo incorporador de ar.....	60
Tabela 11: características físicas e mecânicas da argamassa industrializada.....	60
Tabela 12: identificação das argamassas de revestimento.....	65
Tabela 13: resultados dos ensaios de consistência – NBR 13276/95	72
Tabela 14: retenção de água para as argamassas estudadas quanto a NBR 13277/05	73
Tabela 15: resultados dos ensaios provenientes da NBR 13278/05 para as argamassas em estudo	74
Tabela 16: resultados da resistência média a compressão axial	81
Tabela 17: resultados da resistência média a tração por compressão diametral.....	82
Tabela 18: densidade de massa aparente	83
Tabela 19: valores médios de absorção por capilaridade segundo a NBR 9779.....	84
Tabela 20: análise de variância dos resultados da resistência de aderência das argamassas considerando os resultados obtidos nas juntas de assentamento	87

Tabela 21: análise de variância dos resultados da resistência de aderência das argamassas desconsiderando os resultados obtidos nas juntas de assentamento	89
Tabela 22: análise de variância para os resultados de resistência de aderência	90
Tabela 23: análise do incremento de carga para a resistência de aderência	98
Tabela 24: resistência à compressão axial	117
Tabela 25: resistência à tração por compressão diametral	121
Tabela 26: densidade de massa no estado endurecido das argamassas estudadas curadas em diferentes ambientes	124
Tabela 27: ascensão máxima por capilaridade	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento da pesquisa	26
Figura 2: resistência de aderência (MPa) x tempo (dias),	34
Figura 3: propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido	39
Figura 4: mecanismo de aderência	49
Figura 5: curva granulométrica da areia	59
Figura 6: ambiente de cura das amostras em temperatura de $5 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (geladeira)	62
Figura 7: ambiente de cura das amostras com temperatura de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (sala climatizada)	62
Figura 8: ambiente de cura das amostras com temperatura de $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (estufas).....	62
Figura 9: mini-paredes utilizadas como substrato da argamassa (a) representação esquemática; (b) aspecto final das paredes	63
Figura 10: (a) montagem da 1. ^a fiada; (b) aspecto final das paredes.....	64
Figura 11: preparo da argamassa (a) mistura em betoneira; (b) mistura pronta para ser utilizada	64
Figura 12: aplicação do revestimento (a) argamassa chapada sobre o substrato (b) acabamento após desempenho	67
Figura 13: disposição das mini-paredes no ambiente de cura em função do tipo de argamassa	68
Figura 14: corpos-de-prova cilíndricos utilizados para os ensaios no estado endurecido.....	69
Figura 15: moldagem dos corpos-de-prova (a) compactação das camadas (b) preenchimento parcial do molde com argamassa (c) acabamento da superfície (d) corpos-de-prova moldados	70
Figura 16: fluxograma de delineamento dos ensaios realizados durante a pesquisa.....	71
Figura 17: ensaio de consistência	72

Figura 18: peso padronizado sobre filtro durante ensaio de retenção de água	73
Figura 19: ensaio de argamassas de revestimento no estado plástico	74
Figura 20: equipamento utilizado para determinação da resistência de aderência à tração	76
Figura 21: (a) corte das paredes (b) colagem das pastilhas de \varnothing 5 cm para o ensaio de arrancamento.....	77
Figura 22: execução do ensaio de resistência de aderência à tração	77
Figura 23: superfície de ruptura após arrancamento	78
Figura 24: tipos de ruptura;	79
Figura 25: resistência à compressão	80
Figura 26: resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova de argamassas	82
Figura 27: densidade de massa aparente.....	83
Figura 28: efeito isolado da posição dos furos na resistência de aderência das argamassas	88
Figura 29: resistência de aderência ao longo do tempo - argamassa A ₁ (argamassa industrializada).....	91
Figura 30: resistência de aderência ao longo do tempo – argamassa A ₂ (argamassa com cal hidratada)	93
Figura 31: resistência de aderência ao longo do tempo – argamassa A ₃ (argamassa com aditivo incorporador de ar).....	94
Figura 32: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T ₁ (temperatura baixa).....	96
Figura 33: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T ₂ (temperatura mediana) .	97
Figura 34: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T ₃ (temperatura alta).....	97
Figura 35: efeito isolado da temperatura na resistência de aderência das argamassas.....	99
Figura 36: efeito isolado da absorção do substrato na resistência de aderência das argamassas	101
Figura 37: efeito isolado do tipo de argamassa na resistência de aderência das argamassas.	102

Figura 38: efeito isolado da idade na resistência de aderência das argamassas	103
Figura 39: resistência de aderência – argamassa A ₁ (industrializada).....	104
Figura 40: resistência de aderência – argamassa A ₂ (preparada em obra com cal).....	105
Figura 41: resistência de aderência – argamassa A ₃ (preparada em obra com aditivo)	106
Figura 42: interação entre o nível de absorção do substrato e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas	107
Figura 43: resistência de aderência – substrato S ₁ (baixo índice de absorção de água)	108
Figura 44: resistência de aderência – substrato S ₂ (médio índice de absorção de água).....	109
Figura 45: resistência de aderência – substrato S ₃ (alto índice de absorção de água).....	110
Figura 46: interação entre o tipo de argamassa e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas.....	111
Figura 47: resistência de aderência – temperatura T ₁ (baixa 5 ± 5°C)	112
Figura 48: resistência de aderência – temperatura T ₂ (média 23 ± 5°C)	113
Figura 49: resistência de aderência – temperatura T ₃ (alta 40 ± 5°C)	114
Figura 50: interação entre o nível de absorção do substrato e o tipo de argamassa na resistência de aderência.....	115
Figura 51: resistência à compressão axial – argamassa A ₁ (argamassa industrializada).....	118
Figura 52: resistência à compressão axial – argamassa A ₂ (argamassa preparada com cal) ..	119
Figura 53: resistência à compressão axial – argamassa A ₃ (argamassa preparada com aditivo)	120
Figura 54: relação entre as resistências à compressão axial e tração por compressão diametral – 91 dias de idade.....	123
Figura 55: absorção por capilaridade em 72 horas	124
Figura 56: relação entre a resistência à compressão axial e a resistência de aderência à tração	127

1 INTRODUÇÃO

O revestimento em argamassa é descrito, segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas, que tem como finalidade dar um acabamento decorativo ou um acabamento final a superfície. O revestimento de argamassa pode ser interno ou externo. A norma descreve argamassa de revestimento externo como a “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”, essa mistura constituirá o revestimento de fachadas, muros, ou de qualquer outro elemento construtivo exposto ao meio externo à edificação.

Na prática, as argamassas de revestimento nas edificações, confeccionadas em proporções adequadas de areia, cal, cimento, água e aditivos, têm as funções de vedação, proteção quanto à ação de intempéries, conforto térmico e acústico, proteção da base das paredes e também é responsável pela decoração e aparência da estrutura. O perfeito desempenho destas funções está diretamente relacionado com o tipo de argamassa empregada, suas propriedades tanto no estado fresco quanto no endurecido e também das diversas propriedades do substrato no qual esta será aplicada. Após a aplicação do revestimento, o substrato, devido a sua capacidade de absorção, é o principal responsável pela perda de água da argamassa (CARNEIRO, 1993; MATTOS, 2001).

Em geral, o substrato (base) é um material poroso que altera a reologia¹ e, conseqüentemente, as propriedades e o comportamento das argamassas frente às diferentes solicitações. Somado a isso, fatores como a absorção e a rugosidade da superfície do substrato influenciam no desempenho final do revestimento. De acordo com estudos experimentais, Carvalho Jr. et al. (2005) concluíram que a resistência de aderência reflete a interação entre argamassa e substrato, dependendo, desta forma, das características associadas aos dois materiais. Segundo Casarek et al. (2002), quanto maior for o coeficiente de absorção de água da base (substrato poroso), maior será a resistência de aderência alcançada pelo revestimento.

¹ Do grego “rhein” é considerado o estudo da deformação e escoamento da matéria (Rago e Cincotto, 1995).

Entretanto, a grande maioria das normas existentes e das pesquisas realizadas são feitas em corpos-de-prova cilíndricos confeccionados em moldes metálicos, o que não reflete o real comportamento das argamassas de revestimento, pois não verifica seu comportamento frente às solicitações da base. A partir deste enfoque, é de suma importância que sejam realizados estudos com argamassas aplicadas em substratos cerâmicos e de concreto, simulando condições reais de aplicação do revestimento, similares aos quais são empregados neste trabalho; ou ainda em parceria com construtoras, indústrias, engenheiros e arquitetos, avaliando o desempenho dos revestimentos no próprio canteiro de obras. O Programa de melhorias de desempenho idealizado e implementado pela Comunidade da Construção (movimento lançado pela ABCP²) é um exemplo dessa boa prática que vem sendo realizada com o objetivo de diagnosticar deficiências comuns nos diversos subsistemas, fixar metas, medir os avanços e difundir informação. Com foco na melhoria de desempenho no tema revestimento, busca-se disponibilizar a experiência por meio de um acervo centralizado (TANIGUTI et al., 2005; www.comunidadeconstrucao.com.br).

Entre os fatores que afetam o desempenho de revestimentos destacam-se a temperatura e a umidade relativa do ar durante a cura, as quais influenciam a velocidade de endurecimento da argamassa. Desta forma, é extremamente importante analisar os aspectos de cada região onde o revestimento será executado, não só no que diz respeito aos materiais disponíveis em cada local, mas, sobretudo às condições de cura a que será exposto o revestimento, como temperatura e umidade relativa do ar. Candia e Franco (1998) concluíram, ao avaliar dois tipos de argamassa de revestimento em ambiente de laboratório, que a cura dos revestimentos nas primeiras idades tem influência significativa na resistência de aderência desta argamassa. No caso de cidades como, por exemplo, Porto Alegre, RS, onde, em curtos períodos de tempo, as variações da temperatura e da umidade relativa do ar são muito elevadas³, é de suma importância avaliar a influência destes parâmetros sobre o desempenho mecânico das argamassas. Com isso, é possível estabelecer subsídios para uma melhor especificação de materiais, buscando minimizar as principais manifestações patológicas que ocorrem em argamassas de revestimento.

Para Selmo (1989) é bastante freqüente o aparecimento de problemas devido a vários fatores como a diversidade de alvenarias existentes, bem como a quantidade de diferentes materiais

² Associação Brasileira de Cimento Portland

³ Variação média diária da temperatura 15°C – Secretaria Municipal de Porto Alegre (2000)

para o preparo de argamassas, e ainda devido à prática empírica da utilização de argamassas e sua execução em prazos curtos.

Segundo Cincotto (1988) e Scartezini (2002) o aparecimento de manifestações patológicas em argamassas de revestimento pode ter causas distintas, não apenas às relacionadas ao controle dos materiais, mas também à execução, com a utilização de mão de obra desqualificada, além de outros fatores presentes durante o uso. Cincotto (1988) ressalta ainda que não existem dados que ordenem esses danos, seja pela gravidade ou pela frequência, mas é importante salientar que todos eles têm grande importância do ponto de vista econômico e de satisfação do usuário onde quaisquer deficiências em relação à durabilidade ou segurança trazem desconforto em se tratando de perda de desempenho dos materiais e ao custo de manutenção.

As manifestações patológicas que podem ocorrer em argamassas de revestimentos são várias, das quais destacam-se as eflorescências, os descolamentos de revestimento, mofo, bolor, as fissuras, entre outras. Segundo Carasek (1991), uma das maiores razões das manifestações patológicas nas argamassas de revestimento consiste na falta de aderência ao substrato. A aderência da argamassa ao substrato representa a propriedade mecânica com maior relevância ao se avaliar um sistema de revestimento, além disso, seu desempenho estrutural depende do desenvolvimento adequado da aderência, e da interação de vários fatores que influenciam diretamente essa propriedade (CINCOTTO et al., 1995). Carasek e Scartezini (1999) dizem ainda que, entre outros fatores, o entendimento do mecanismo de aderência da argamassa ao substrato poroso é essencial, pois grande parte das manifestações patológicas que se observa nos revestimentos, ocorre devido à falhas na aderência.

De acordo com diversos autores (BASTOS e CINCOTTO, 1997; SELMO et al., 1999; MATTOS, 2001; BALAYSSAC et al., 2002 entre outros) as manifestações patológicas comumente frequentes nos revestimentos de paredes em argamassa são o descolamento e a fissuração, que podem ser oriundas de uma combinação de fatores que fazem com que as argamassas deixem de cumprir suas funções, reduzindo sua durabilidade.

Os descolamentos ocorrem separando uma ou mais camadas dos revestimentos de argamassa e apresentam extensão variável, de áreas restritas até a totalidade da área revestida. Eles podem ainda, se manifestar em placas, com empolamento e com pulverulência. Suas causas podem ser as mais diversas, como a hidratação retardada da cal hidratada, espessura excessiva

do revestimento, argamassa mal proporcionada (pobre/rica) em aglomerante, aplicada após o prazo de utilização, diferença de módulo de deformação das camadas que constituem o revestimento de argamassa, entre outros (BAUER, 1997). Acrescenta-se ainda, de acordo com Carvalho et al. (2005), que os descolamentos podem estar relacionados à inadequada condição da base em possibilitar a penetração da pasta de aglomerante em seus poros.

A fissuração pode resultar de um ou mais fatores, entre eles a retração da argamassa, gerando tensões por vezes combinadas desfavoravelmente com as propriedades mecânicas resistência à tração e módulo de deformação (BALAYSSAC et al., 2002). Pode ter como causas o consumo elevado de cimento ou de água de amassamento, cura deficiente, teor elevado de finos, o número e a espessura das camadas, entre outros (BAUER, 1997). Segundo Veiga (2003) esse fenômeno afeta a permeabilidade do revestimento, prejudica a aparência, pois gera um mau aspecto e permite a infiltração de água e outros agentes, além da fixação de microorganismos, reduzindo a durabilidade do revestimento e, portanto da própria parede.

Deste modo, conhecer os materiais, avaliar suas propriedades, bem como do substrato onde será aplicado, levando em consideração as condições de temperatura e umidade relativa do ar são preceitos básicos para a eficiência do revestimento. Assim, este estudo contribui de maneira que haja um incremento na compreensão sobre as características dos revestimentos de argamassa, principalmente com a verificação dos dados coletados nos experimentos em confronto com a informação teórica. Ainda aborda um estudo mais aprofundado das variáveis que agem sobre a qualidade do material a fim de responder como a interação existente entre a temperatura e o tipo de substrato pode influenciar, com uma maior ou menor eficácia, no desempenho mecânico das argamassas de revestimento.

Com base neste contexto, este projeto de pesquisa busca avaliar o desempenho mecânico de argamassas de revestimentos aplicadas em substratos com diferentes níveis de absorção de água, quando submetidas a pequenas variações de temperatura.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a verificação da influência da temperatura de cura e do nível de absorção de água do substrato cerâmico no desempenho mecânico de aderência das argamassas de revestimento.

Como objetivos secundários desta pesquisa podem-se citar:

- a) Influência da interação da temperatura de cura e nível de absorção do substrato na aderência das argamassas de revestimento;
- b) Comparação do desempenho do ponto de vista de aderência das argamassas produzidas em obra e industrializadas;
- c) Comparação do desempenho mecânico das argamassas de revestimento quanto curadas em temperaturas diferentes da indicada pela norma.

1.2 DELIMITAÇÕES

Como delimitações da pesquisa, destacam-se alguns parâmetros referentes ao projeto de experimentos. Para a realização do mesmo, fixou-se a variável umidade relativa do ar em 70% e a temperatura em três níveis (5, 20 e 40°C). Foi avaliado apenas um tipo de argamassa industrializada e um tipo de aditivo incorporador de ar.

1.3 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é mostrado no fluxograma da Figura 1, onde estão detalhadas as etapas de preparação, pesquisa experimental e análise de dados, todas necessárias e fundamentais para a realização deste trabalho.

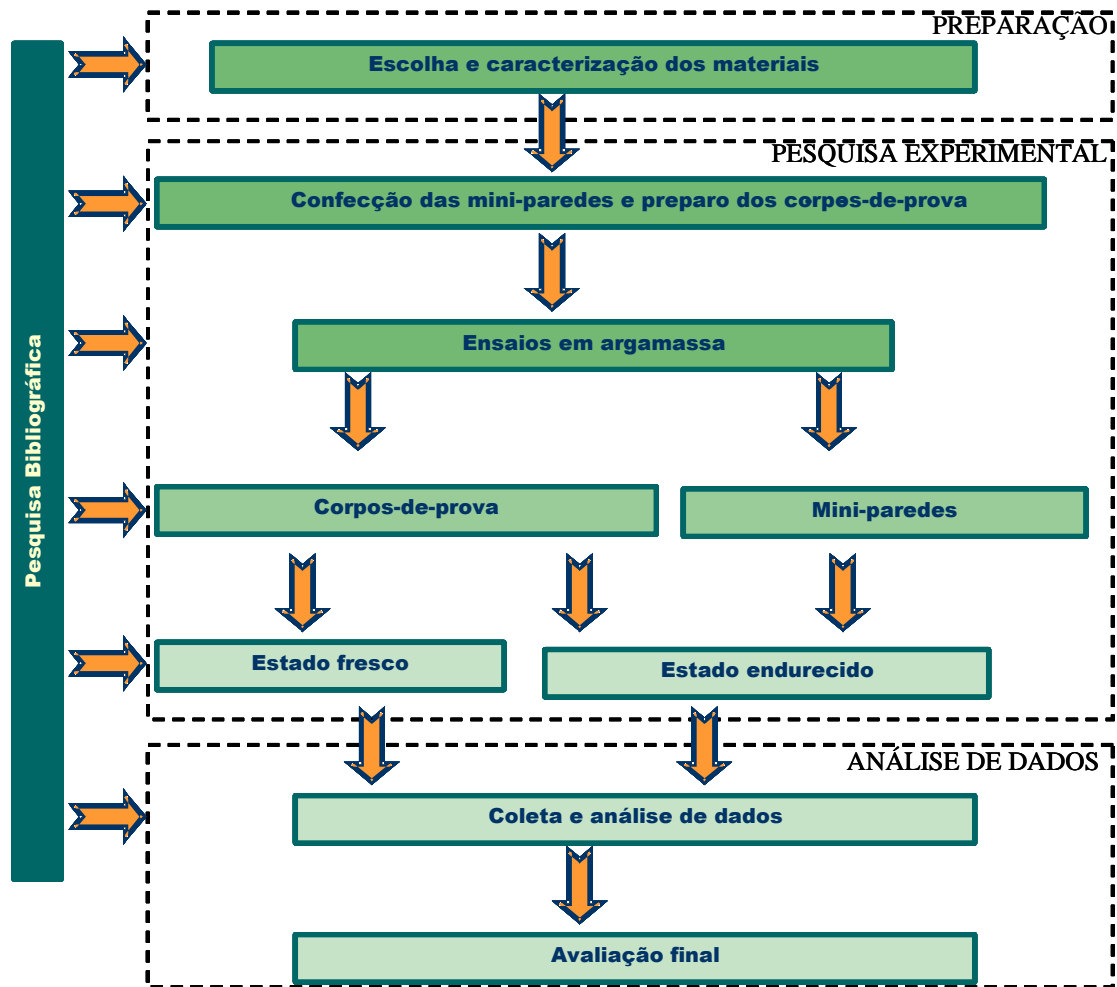


Figura 1: delineamento da pesquisa

A **pesquisa bibliográfica** tem caráter exploratório e abrange, de forma paralela, todas as etapas do trabalho inserindo conceitos básicos que tem sido observados e estudados sobre as argamassas de revestimento nos últimos anos, além de citar idéias já consagradas sobre o assunto.

A **fase de preparação** engloba a definição e escolha de materiais que foram empregados no projeto de experimentos. Para tal, fez-se entrevistas com 12 empresas do setor de construção civil de Porto Alegre, RS, as quais fazem parte de um programa de melhoria do desempenho de argamassas, com o intuito de identificar os materiais mais utilizados em paredes de vedação com blocos cerâmicos revestidas com argamassa. Identificados estes materiais, fez-se a caracterização dos mesmos segundo normas e procedimentos vigentes.

Com base nos resultados obtidos na fase de preparação, a **fase da pesquisa experimental** culminou na elaboração de um projeto de experimentos, abrangendo as principais variáveis de estudo. Optou-se por realizar experimento em laboratório, porém, além da realização dos ensaios normalizados em corpos-de-prova, foram realizados ensaios em mini-paredes simulando paredes de alvenaria convencional. O estudo do comportamento do revestimento em argamassa quando aplicado em paredes é mais representativo quanto à realidade do que simplesmente o estudo em corpos-de-prova, devido a consideração da influência da superfície de aplicação (substrato) no desempenho final do revestimento.

A **análise de dados** procurou verificar através de análise de variância (ANOVA) a influência das variáveis inseridas no projeto experimental. Também utilizou-se a comparação múltipla de médias afim de verificar o nível das variáveis de maior influência.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo são apresentados os objetivos gerais e secundários deste estudo, bem como as justificativas que motivaram sua realização. Também são relatadas as delimitações da pesquisa e a estrutura geral do trabalho.

No que se refere às argamassas de revestimento, a revisão de literatura apresentada no capítulo 2, engloba os principais aspectos da bibliografia com diferentes abordagens quanto ao impacto na resistência de aderência das argamassas. São discutidas as funções das argamassas de revestimento, seus componentes, além dos mecanismos de aderência relacionados a essa pesquisa. Complementando, o capítulo 3 especifica as principais características e propriedades dos blocos cerâmicos.

No capítulo 4 é apresentado, de forma minuciosa, o programa experimental realizado durante esta pesquisa. São descritas todas as etapas de determinação e caracterização dos materiais utilizados, confecção das argamassas, procedimentos e metodologias de ensaios, caracterização dos ambientes de cura das argamassas e ainda, as variáveis de análise consideradas no trabalho.

O capítulo 5 consiste na apresentação e análise dos resultados obtidos a partir do projeto de experimentos realizado. Utilizando-se procedimentos estatísticos, principalmente análise de variância e comparação múltipla de média, são verificados os principais fatores que influenciam no desempenho mecânico das argamassas de revestimento.

No sexto capítulo são feitas as conclusões referentes à aderência dos revestimentos de argamassas, a importância da temperatura de cura e da influência do tipo de argamassa na aderência ao substrato. Finalmente, são apresentadas as principais sugestões desta pesquisa para sua continuidade em futuros trabalhos.

2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

A argamassa é um material constituído por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água podendo ainda ser adicionados alguns produtos com a finalidade de melhorar ou conferir algumas propriedades ao conjunto (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2003). Segundo a NBR 13530 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), as argamassas são classificadas conforme sua natureza, tipo e número de aglomerantes, propriedades especiais, função no sistema de revestimento e forma de preparo ou fornecimento. Assim, as argamassas podem apresentar diferentes propriedades no estado fresco e endurecido, de acordo com as funções que estiverem desempenhando. A norma também classifica os revestimentos segundo o número de camadas aplicadas, o ambiente de exposição, comportamento frente à umidade, a radiações e ao calor, bem como em relação ao acabamento da superfície.

Quanto à função no sistema de revestimento, as argamassas são amplamente utilizadas como camada de proteção da superfície porosa do substrato, aplicados com espessura uniforme em uma ou mais camadas superpostas, resultando em uma superfície apta a receber uma decoração final (NBR 13529, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

Como principais funções dos revestimentos de argamassa têm-se as contribuições para a:

- a) **proteção da base** (substrato);
- b) **proteção quanto à ação direta dos agentes agressivos**, pois o revestimento funciona como uma barreira à penetração de água contribuindo para a estanqueidade da parede;
- c) **vedação**, devendo apresentar além de resistência ao fogo, estabilidade mecânica e dimensional;

d) **conforto térmico e acústico** pela influência que exerce na transmissão de ruído do ambiente externo para o interno;

e) **decoração** e aparência em decorrência de suas características de qualidade, beleza e durabilidade.

Segundo Mattos (2001) a proteção quanto à penetração de água evita problemas na interface revestimento – base como a perda de aderência e funciona como uma barreira à entrada de agentes agressivos. Em relação à resistência ao fogo, a autora citando Carneiro (1993) acrescenta que paredes revestidas com argamassa resistem melhor e mais tempo à ação do fogo do que paredes sem nenhum revestimento. Essa propriedade, diz respeito a estabilidade e integridade dos elementos quando submetidos a elevação de temperatura em razão de um incêndio, enfim, pela ação do fogo.

Cincotto, Silva e Carasek (1995) salientam ainda que as funções dos revestimentos podem ser caracterizadas pela segurança, habitabilidade, compatibilidade com a base e entre materiais constituintes. A segurança está associada ao suporte, o revestimento deve apresentar estabilidade mecânica e resistência ao fogo e a habitabilidade no que diz respeito a penetração de água e conforto. Já quanto à compatibilidade com a base e entre materiais, as autoras ressaltam que ao longo do tempo as condições de desempenho são afetadas por fatores associados a condições de produção e execução do revestimento, por isso se torna tão importante este fator.

Desta forma, o que se espera de um revestimento em argamassa é que além de cumprir suas funções, seja durável, o que muitas vezes não ocorre, pois as funções do revestimento podem ser comprometidas por diversos fatores, como, por exemplo, o desaprumo decorrente da falta de cuidado no momento da execução da estrutura e alvenaria, fazendo com que seja necessário corrigir as imperfeições, o que torna o revestimento muito espesso e oneroso podendo acarretar o aparecimento de manifestações patológicas.

Pode-se dizer ainda que nem sempre a melhor argamassa irá gerar o melhor revestimento, pois segundo Manual da Comunidade da Construção (2003), os revestimentos de argamassa, para cumprir adequadamente suas funções, devem possuir características e propriedades compatíveis com as condições de execução, com a natureza da base, com as especificações de desempenho e com o acabamento final previsto.

Outro ponto importante a salientar é sobre os materiais constituintes das argamassas, além do traço⁴ que será utilizado, pois estes, conforme já especificado, influenciam nas características do revestimento.

A dosagem das argamassas deve considerar as características dos materiais, adequando-os ao tipo de revestimento e de acabamento especificados, ao tipo de substrato e a agressividade do meio (BOLORINO e CINCOTTO, 1999). De acordo com Dubaj (2000), o traço oferece uma maior segurança quanto à qualidade da argamassa e a quantidade de consumo de materiais e custos. O autor salienta, conforme Tabela 1, que existe uma grande variação entre os traços utilizados nas diversas regiões brasileiras.

Tabela 1: traços utilizados em algumas regiões do Brasil, Dubaj (2000)

Região	Traço (em volume)	Material
Distrito Federal	1:1:5,5	Cimento, saibro e areia fina
Paraná (Ponta Grossa)	1:2:1,6	Cimento, cal e areia
	1:2:10	Cimento, cal e areia
Rio Grande do Sul (Porto Alegre)	1:2:9	Cimento, cal e areia
	1:1:6	Cimento, cal e areia

Quanto aos materiais constituintes das argamassas, é importante conhecer seus comportamentos antes da confecção do revestimento em que se pretende empregar, pois estes influenciarão nas propriedades tanto do estado fresco como endurecido.

2.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS

O bom desempenho das argamassas de revestimento depende também dos materiais de construção empregados na sua confecção⁵. As características físicas e químicas destes materiais, bem como suas proporções podem afetar, entre outras propriedades, a aderência ao substrato (CARASEK et al., 2001).

⁴ Proporção, em volume ou massa, dos materiais componentes da argamassa.

⁵ Nesta pesquisa, serão descritos apenas os materiais utilizados no programa experimental.

A escolha dos materiais constituintes das argamassas depende, principalmente, da disponibilidade dos mesmos e de suas características regionais. De forma geral, segundo Martins Neto et al. (1999), nos diversos estados brasileiros, são muitas as argamassas de revestimento externo, mas as de maior utilização são as argamassas mistas de cimento e cal. Conforme Tabela 2, os materiais com potencial de utilização na produção de argamassa dependem muito das características e diversidades regionais do Brasil.

Tabela 2: alguns materiais disponíveis em regiões do Brasil, Dubaj (2000); Mattos (2001); entre outros

Região	Materiais disponíveis
Norte	Cimento Portland CP II F Cimento Portland CP II Z Areia natural Cal Hidratada Arenoso Saibro Resíduo de Demolição e Construção
Sul	Cimento Portland CP IV Cimento Portland CPV Cimento Portland branco estrutural Areia natural Pó-de-pedra Cal Hidratada Aditivo incorporador de ar

2.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland é o principal responsável por sua resistência mecânica. Pelo fato de ser composto por finas partículas, o cimento também contribui para a retenção da água da mistura e também no aumento da trabalhabilidade, devido ao maior volume de pasta que envolve os agregados. As partículas mais finas atuam como lubrificantes sólidos entre os grãos de agregado.

Segundo diversos autores (CARASEK, 1996; PEREIRA et al., 1999; entre outros), existe uma correlação muito grande entre a resistência de aderência e o teor de cimento presente na argamassa. A maioria deles afirma que aumentando o teor de cimento da argamassa, chega-se a melhores resultados de resistência de aderência. Entretanto, para Fiorito (1994), as argamassas com elevados consumos de cimento apresentam tensões de tração nove a doze

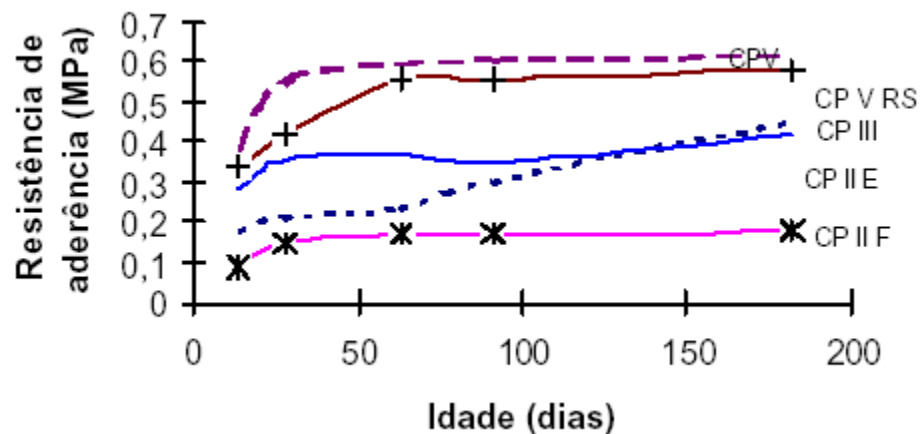
vezes maiores do que as apresentadas pelas argamassas pobres, devido à retração, e ainda apresentam maiores módulos de elasticidade. Outro fator ocasionado pelo aumento do consumo de cimento nas argamassas é o crescimento das retrações por secagem, podendo ocorrer o surgimento de fissuras com a conseqüente redução da durabilidade das edificações. Portanto, argamassas com maiores quantidades de cimento apresentam maiores resistências de aderência, mas possuem menor extensão de aderência⁶, o que conseqüentemente diminui a durabilidade.

Em contrapartida, argamassas com baixos consumos de cimento podem reduzir a resistência à abrasão dos revestimentos, tornando-os pulverulentos. Observa-se, portanto que, o tipo e as características deste material influenciam diretamente no nível de aderência da argamassa.

Quanto maior a quantidade de cimento presente na argamassa, maior é a retração, também é verídico que maior será a aderência à base. Da mesma forma, cimentos portland mais finos também poderiam contribuir para o aumento da resistência de aderência do revestimento (TRISTÃO, 1995; CARASEK apud RIBAR e DUBOVOY, 1996; COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2003). Assim, obtém-se maiores valores de resistência quando se utiliza o CP V - ARI em comparação aos demais cimentos portland. No entanto deve-se tomar cuidado com o uso destes cimentos, pois a maior finura pode levar a fissuração do revestimento de modo mais fácil, tornando menor a extensão de aderência, considerando-se o mesmo consumo (CARASEK, 1996; CARASEK et al., 2001).

Em análise realizada por Bolorino e Cincotto (1997), foi verificada a influência de diferentes tipos de cimentos no desempenho de argamassas de revestimento, observou-se que as propriedades no estado fresco não foram afetadas significativamente. No estado endurecido, mais especificamente no caso da resistência de aderência das argamassas quando aplicadas a substratos porosos, conforme comportamento demonstrado na Figura 2, comprova-se que cimentos de alta resistência inicial apresentam, ao longo do tempo, melhor aderência à base em relação a outros tipos de cimentos. Os revestimentos estudados tiveram como características traço 1:1:6 (cimento, cal e areia), em volume, com utilização de areia natural fina e cal hidratada CH-I.

⁶ Corresponde a razão entre a área de contato efetivo e a área total possível a ser unida.



CP V – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial;
 CP V RS – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – Resistente a Sulfatos;
 CP III – Cimento Portland de Alto Forno;
 CP II E – Cimento Portland composto com adição de escória; e
 CP II F – Cimento Portland composto com adição de filler calcário.

Figura 2: resistência de aderência (MPa) x tempo (dias),
 Bolorino e Cincotto (1997)

De acordo com Mattos (2001), o problema da retenção de água pode ser evitado com o uso da cal hidratada, pois sua inclusão contribui para o aumento do teor de finos, melhorando a retenção sem que haja o inconveniente do aumento da retração, além de aumentar a capacidade de absorver deformações.

2.1.2 Cal

Nas argamassas, a cal hidratada atua como aglomerante e tem como principal função conferir plasticidade a mistura. Segundo Tristão (1995), o aumento do teor de cal nas argamassas influencia favoravelmente as propriedades de trabalhabilidade, plasticidade e retenção de água, bem como a capacidade de absorver deformações. Entretanto, Cincotto, Silva e Carasek (1995) concluem que o aumento da quantidade de cal em uma argamassa pode também influenciar na diminuição da resistência à compressão por demandar uma quantidade excessiva de água.

A utilização da cal em revestimentos de argamassa, segundo Carasek (1996), traz algumas vantagens, pois possui importantes propriedades plastificantes e de retenção de água devido à sua finura. As propriedades no estado fresco permitem que a argamassa preencha de maneira

mais fácil e completa toda a superfície do substrato, dando maior extensão de aderência. Já a retenção de água, evita a brusca retração da argamassa por secagem, pois a perda da água para a alvenaria ocorre de forma gradativa, evitando fissuras e contribuindo para durabilidade do revestimento. Pode-se dizer que a cal, presente nas argamassas, também é responsável pela durabilidade e pela extensão da aderência já que ela tem influência na capacidade de espalhamento da argamassa sobre uma superfície.

Guimarães (1997) ainda complementa que o uso das cales melhora a aderência do revestimento possibilitando a maior penetração das argamassas nas reentrâncias do substrato, resultando em uma melhor resistência à penetração das águas da chuva.

Convém lembrar que conhecer a composição química deste material também é muito importante, pois esta pode influenciar algumas propriedades das argamassas como a plasticidade e a aderência. Segundo Dubaj (2000), a cal deve possuir um teor de óxidos totais (cálcio mais magnésio) mínimo de 88%. Ela é classificada em função do teor de óxido de cálcio, como: cálcicas (teor superior a 90%); magnesianas (teor entre 65 e 90%); ou dolomíticas (teor inferior a 65%).

Quarcione e Cincotto (2005) verificaram, em estudo experimental, diferenças de comportamento de argamassas de um mesmo traço produzidas com cal hidratada CH I (cálcica) e com cal hidratada CH III (dolomítica), fenômeno que foi relacionado aos teores diferenciados de filer calcário presentes nessas cales.

Ao comparar, em pesquisa experimental, as cales dolomítica e cálcica, Siqueira et al. (1993); Carasek apud Coppeland e Sayer (1996); Bolorino e Cincotto (1997); Anjos et al. (2005), obtiveram como resultado um melhor desempenho da cal dolomítica quanto à resistência de aderência. Carasek (1996) ressalta uma relação direta entre a proporção de hidróxido de magnésio presente na cal hidratada e a resistência de aderência, e, afirma que a medida que aumenta a porcentagem de magnésio na cal, também há um acréscimo na capacidade de aderência da argamassa. Em outro trabalho Quarcione e Cincotto (2005) verificaram a influência da cal nas propriedades mecânicas das argamassas, tais como, a diminuição do módulo de elasticidade e a redução da resistência à tração em função do aumento do teor de cal.

Ainda sobre as cales, é pertinente lembrar que seu uso nos últimos tempos vem sendo diminuído, pois está sendo substituída por aditivos, principalmente os incorporadores de ar.

2.1.3 Aditivos

Os aditivos são compostos empregados nas argamassas com a finalidade de modificar suas propriedades nos estados fresco e endurecido. Segundo Fiorito (1994), o emprego de aditivos estabilizantes, plastificantes ou incorporadores de ar podem propiciar melhorias nas características das argamassas como a redução da exsudação⁷, o aumento da aderência ao substrato e maior retenção de água, o que reduziria significativamente a relação água-cimento. Entretanto, para Casarek e Campagnolo (1990) alguns aditivos não cumprem sua função de proporcionar boa trabalhabilidade às argamassas no estado fresco e ainda prejudicam seu desempenho de aderência no estado endurecido.

O tipo de aditivo mais utilizado em argamassas, geralmente em substituição à cal, é o incorporador de ar, o qual forma micro bolhas de ar, estáveis, homoganeamente distribuídas na argamassa, melhorando a plasticidade, conseqüentemente aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade, pois reduz a quantidade de água. De acordo com Carasek (1996), a escolha do aditivo incorporador de ar é fundamental, pois a utilização de materiais que produzem grandes bolhas de ar prejudica a resistência de aderência. Complementando, Mattos (2001) explica que os aditivos reduzem a quantidade de água porque o ar incorporado forma bolhas que facilitam o rolamento dos grãos da mistura, reduzindo a percolação da água para a superfície com o aumento da retenção de água e, devido à sua estrutura, contribuem para a redução da absorção capilar.

Carasek (1996) relata várias pesquisas que indicam que os aditivos incorporadores de ar reduzem a resistência de aderência, por diminuir a superfície de contato entre a argamassa e o substrato pela presença das bolhas de ar, ressaltando ainda que esta influência ocorre, principalmente, quando o substrato onde é aplicado o revestimento possui alto poder de absorção de água e a argamassa utilizada apresenta baixo teor de cimento. Por outro lado, ainda conclui que alguns pesquisadores confirmam não ser possível tal afirmação, pois o

⁷ Exsudação é o afloramento da água de amassamento da argamassa, causada pela acomodação das partículas sólidas da mistura liberando a água antes misturada.

essencial é verificar o tamanho das bolhas incorporadas pelo aditivo. Aditivos com bolhas menores, proporcionam maiores quantidades de pontos de contato entre a argamassa e o substrato, não prejudicando a aderência e confirmando sua finalidade na argamassa fresca.

John et al. (1994) ao comparar o desempenho de argamassas confeccionadas com cal hidratada e com aditivo incorporador de ar ressalta que os aditivos não devem ser encarados como substitutos da cal, pois produzem argamassas com comportamentos diferentes das argamassas mistas de cimento e cal hidratada. Os autores ainda afirmam que em várias condições a substituição da cal por aditivo, mantida a relação cimento e areia, leva a resultados tecnicamente inadequados.

Desta forma Mibielli (1994) salienta que o uso de aditivos requer conhecimentos prévios de suas propriedades, efeitos e desvantagens, bem como da capacidade de aderência de argamassas confeccionadas com eles.

2.1.4 Areia

A areia ou agregado miúdo, nas argamassas, tem como principais funções minimizar os efeitos da retração, aumentando, assim a durabilidade além de reduzir o custo, visto que é um material de valor inferior ao dos aglomerantes. É importante salientar que o aumento do teor de areia em uma argamassa tem como consequência a diminuição de sua resistência de aderência.

Em se tratando das propriedades das argamassas, as principais características físicas da areia que podem interferir em seu comportamento são a distribuição granulométrica, a forma e a textura dos grãos. Segundo Araújo (2001), a presença de grãos angulosos dificulta a trabalhabilidade da mistura, mas por outro lado, proporciona superfícies mais ásperas, melhorando a aderência. Em se tratando de areias muito grossas, não produzem boas argamassas, pois prejudicam a trabalhabilidade e, portanto a aplicação ao substrato, diminuindo também a extensão de aderência (CARASEK et al., 2001).

A característica de grande importância para qualquer agregado é sua distribuição granulométrica, pois a granulometria do agregado tem influência nas proporções de

aglomerantes e na demanda de água da mistura. Quando existem deficiências na curva granulométrica pode ocorrer um maior consumo de água de amassamento reduzindo a resistência mecânica e causando uma maior retração por secagem na argamassa (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2003).

De acordo com diversos autores (Cincotto et al., 1995; Carneiro, 1999; Dubaj, 2000; Carasek et al., 2001; Mattos, 2001) são obtidos melhores níveis de aderência quando se utilizam agregados de granulometria contínua também. Ocorre um aumento na trabalhabilidade, pois há um maior grau de empacotamento da mistura fazendo com que os grãos de menor diâmetro preencham os vazios entre os grãos de diâmetro superior, proporcionando assim um melhor deslizamento entre eles.

Selmo (1989) diz que a utilização de areia fina pode melhorar a resistência de aderência de uma argamassa quando aplicada em substratos de baixa absorção de água. Carasek (1996), quanto à propriedade de aderência do revestimento ao substrato, acrescenta ainda que, quanto maior o módulo de finura da areia, maior será a resistência de aderência obtida.

2.1.5 Água

A água confere continuidade à mistura permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes. Assim, ela tem como principais funções combinar quimicamente com os aglomerantes possibilitando seu endurecimento e o ganho de resistência, além de dar trabalhabilidade à mistura.

Segundo Araújo (1996), a água tem influência na dureza superficial do revestimento, pois quanto maior a quantidade de água, maior o volume de vazios na argamassa finalizando assim em uma mistura menos resistente e mais porosa, resultando em baixa dureza superficial.

Assim, a adição de água à argamassa induz as reações químicas dos aglomerantes e sua quantidade influencia na fluidez da argamassa e, portanto na trabalhabilidade. Seu excesso reduz a resistência de aderência, aumenta os vazios, resultando também no aumento da porosidade e da permeabilidade do revestimento, prejudicando, portanto, sua durabilidade.

2.2 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

As principais propriedades das argamassas no estado endurecido são: resistência mecânica, resistência ao fogo, resistência a ataques químicos, capacidade de deformação, resistência de aderência, permeabilidade e condutividade térmica. No estado fresco, destacam-se as propriedades massa específica, trabalhabilidade, adesão inicial, retração por secagem e retenção de água. A Figura 3 mostra esquematicamente as principais propriedades das argamassas.

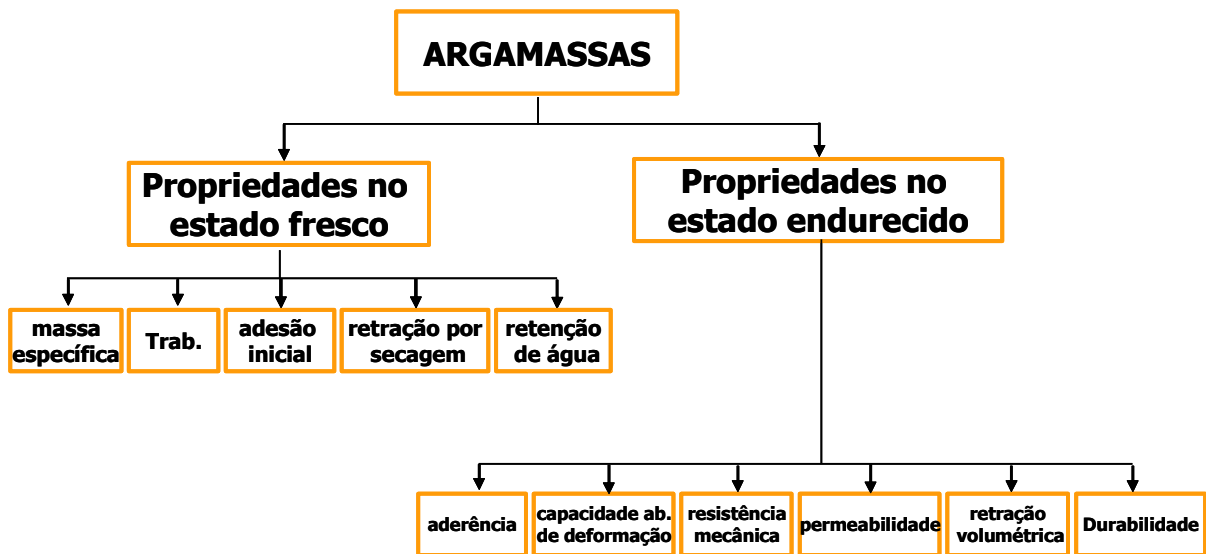


Figura 3: propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido

2.2.1 No estado fresco

As propriedades das argamassas no estado fresco são fundamentais para a execução do revestimento. Selmo (1989) citando Saretok salienta que as propriedades no estado fresco são requisitos para as mais diversas finalidades de aplicação das argamassas. Segundo Dubaj (2000), em se tratando de extensão de aderência, diz que a retenção de água e a trabalhabilidade são propriedades essenciais para assegurá-la.

A retenção, de acordo com Cincotto, Silva e Carasek (1995), é a capacidade da argamassa de manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água. Essa

propriedade influi nas propriedades do estado endurecido por atuar na hidratação do cimento e na carbonatação da cal, influenciando nos resultados de resistência de aderência.

Para Souza e Bauer (2003), confirmando Dubaj (2000), uma das mais importantes propriedades das argamassas é a trabalhabilidade, haja vista que deverá conferir capacidade de espalhar-se sobre a superfície do substrato definindo seu contato com a argamassa, garantindo sua aderência em toda extensão, durante todo o processo de execução do revestimento.

2.2.2 No estado endurecido

As propriedades das argamassas no estado endurecido, de acordo com Selmo (1989), muitas delas só podem ser avaliadas em conjunto com a base de aplicação do revestimento, dependendo de funções especiais ou particulares de exposição dos revestimentos. Assim, pode-se observar que estas estão intimamente relacionadas à forma como ocorre a ligação da argamassa de revestimento com o substrato e ainda com a natureza destes componentes.

Segundo Cincotto, Silva e Carasek (1995) pode-se considerar como propriedades essenciais das argamassas no estado endurecido, a capacidade de absorver deformações, a resistência de aderência e a durabilidade.

2.2.2.3 Capacidade de absorver deformações

A capacidade de absorver deformações é a propriedade das argamassas endurecidas de acompanhar a deformação gerada por esforços internos ou externos de diversas origens, sem que ocorra ruptura, ou através do surgimento de fissuras microscópicas que não comprometam o desempenho do revestimento, retornando a suas condições iniciais quando cessam as solicitações que lhe são impostas (CINCOTTO, SILVA e CARASEK, 1995, DUBAJ, 2000). Sua perda é, portanto o que dificulta a adaptação do revestimento à alvenaria, expondo o ambiente a falhas, como fissuras e descolamentos.

Para Bastos (2003), a capacidade de deformação de uma argamassa assume maior importância quando ela é aplicada a uma base onde a argamassa é impedida de se deformar por causa da

aderência a um substrato geralmente poroso, surgindo tensões de tração no revestimento, já a partir das primeiras idades.

Segundo Selmo (1989), dependendo do nível de tensões a que o material está submetido, estas se propagarão podendo prejudicar a aderência do revestimento bem como sua durabilidade. Assim, para a autora, a capacidade de deformação e a aderência são propriedades que possuem estreita relação.

2.2.2.3 Aderência

A aderência, principal propriedade para a avaliação de um revestimento, é conceituada como a propriedade que possibilita ao revestimento resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base (BONIN, 2005).

Para Dubaj (2000), a aderência é essencialmente mecânica, ou seja, ocorre pela ancoragem da argamassa nas reentrâncias e saliências do substrato. Já Sabbatini (1990), define a aderência da argamassa à base como a capacidade que a interface substrato-argamassa tem de absorver tensões de cisalhamento e tração sem que haja rompimento. Segundo Gonçalves e Bauer (2005), a aderência da argamassa ao substrato é a propriedade mecânica que mais influencia no desempenho estrutural dos sistemas de revestimento, podendo causar algumas manifestações patológicas devido à alta variabilidade.

O fator mais importante para uma aderência satisfatória do revestimento à base, segundo o Manual de Revestimentos (Comunidade da Construção, 2003), é que a camada de argamassa tenha a maior extensão efetiva de contato possível com a base. Assim, uma alta resistência de aderência não garante a durabilidade do revestimento se a extensão de aderência não for adequada (SELMO, 1989).

Em acréscimo, Gonçalves e Bauer (2005), concluem que a aderência da argamassa ao substrato não ocorre de maneira homogênea em um plano de revestimento, devendo ser observada como tal; pois a mesma apresenta um comportamento pontual entre amostras ensaiadas, devido à sua alta variabilidade natural.

Segundo Cincotto et al. (1995) e Mattos (2001), no que se refere à resistência de aderência da argamassa à base, concluem que esta propriedade é influenciada por um conjunto de características tanto do revestimento como do substrato. No revestimento têm-se a espessura, retenção de água da argamassa e granulometria do agregado, que é influenciada favoravelmente pela granulometria fina; na base (substrato) consideram-se como características mais importantes a textura superficial e a absorção inicial. Murray (1983) comprova que a absorção de água capilar influencia de forma considerável na resistência de aderência do revestimento.

Quanto à capacidade de aderência de um revestimento, Sabbatini (1990) declara que é essencialmente influenciada pelas características da argamassa no estado fresco, a relação água/aglomerante, a granulometria e o teor de finos dos agregados, entre outros. Cincotto et al. (1995) complementa que a capacidade de aderência da interface argamassa-base depende ainda da capacidade de retenção de água, da consistência e do conteúdo de ar da argamassa.

Desta forma, a aderência entre a argamassa e o substrato poroso resulta da união entre propriedades da região de contato entre os dois materiais, ou seja: da resistência de aderência à tração; da resistência de aderência ao cisalhamento e; da extensão de aderência (SCARTEZINI, 2002).

Carasek (1996), entretanto, complementa, de forma mais aprofundada, que a aderência entre as argamassas e o substrato de blocos cerâmicos ocorre devido à penetração da solução da pasta aglomerante contendo íons dissolvidos e da precipitação desses hidratos, principalmente cristais de etringita no interior dos poros do substrato. Afirmando, através de um vasto programa experimental que, o tipo de substrato, o tipo de argamassa e a condição de umidade do substrato são parâmetros importantes que influenciam na resistência de aderência. Assim, para uma mesma base, a resistência de aderência vai depender da argamassa que será aplicada e ainda da umidade do substrato.

De acordo com Martinelli (1989), o estudo da aderência se torna cada vez mais importante, pois a possibilidade de haver descolamento da argamassa do substrato em longo prazo vem a prejudicar a durabilidade do revestimento da alvenaria com a infiltração de água e outros agentes.

Desta forma, observa-se que ao comentar sobre a aderência de revestimentos devem-se fazer considerações sobre sua durabilidade.

2.2.2.3 Durabilidade

A durabilidade não é uma propriedade das argamassas nem no estado fresco, nem no estado endurecido; tão pouco está relacionada a uma única propriedade, mas sim, em um conjunto de propriedades a que a edificação é submetida no decorrer de sua vida útil. CARNEIRO (1999) resume que a durabilidade do revestimento em argamassa é função de seu desempenho em propriedades no estado fresco, no estado endurecido e na interação com a base. Dentro deste contexto, no período de utilização, a durabilidade dos revestimentos deve receber atenção especial, pois se pode entendê-la como um dos principais requisitos de desempenho do revestimento.

Cincotto et al. (1995) complementam que a durabilidade não se configura como um atributo do material já que uma mesma argamassa pode desempenhar comportamentos, bem como durabilidades distintas quando aplicadas em edificações com características de projetos e condições de exposição diferentes. Assim, a durabilidade do revestimento está vinculada às suas propriedades, às condições de exposição, às decisões tomadas ao longo do tempo (uso e manutenção) e à ação dos agentes degradantes.

Mehta (1994) define essa propriedade como a capacidade de resistência à ação de intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro mecanismo de deterioração, conservando sua forma original, qualidade e capacidade de utilização quando exposta ao seu meio ambiente. É a capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo. É uma propriedade complexa e depende de procedimentos adequados desde a concepção do projeto, onde deve ser especificado o material, as técnicas de execução, controle de produção, até uso final.

Os fatores que comprometem a durabilidade dos revestimentos com maior frequência são:

- a) as movimentações térmicas: que podem causar fissuração ou descolamento dos revestimentos;

- b) a espessura dos revestimentos: que podem gerar retração e conseqüente fissuração;
- c) a umidade;
- d) a proliferação de microorganismos: que geralmente pode ser identificada pelo aparecimento de manchas escuras nos revestimentos.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO AO SEU PREPARO

As argamassas de revestimento podem ser classificadas quanto a seu modo de preparo em preparadas em obra e industrializadas.

2.3.1 Preparadas em obra

Argamassas preparadas em obra, conforme explica a designação, são aquelas em que a mistura e a medição dos materiais ocorre no próprio canteiro de obra.

As maiores desvantagens deste sistema são quanto à medição dos materiais constituintes, e ainda quanto à armazenagem dos mesmos, por necessitar de um grande espaço no canteiro de obra. É necessário um controle de uniformidade da argamassa, pelos materiais constituintes, ou pela argamassa pronta. De acordo com Costa (2005) uma boa prática para que a variação dos traços de argamassas dosadas em obra sejam minimizados é a utilização de betoneiras com carregador e carrinhos dosadores para o proporcionamento dos materiais.

É o tipo de argamassa normalmente utilizada para o revestimento de fachadas em construções brasileiras. Consiste no processo mais tradicional. Suas propriedades dependem do proporcionamento e da natureza dos materiais que a constituem. Elas podem ser compostas por um ou mais aglomerantes

Essas argamassas podem utilizar os mais diversos tipos de materiais disponíveis em cada região. Neste estudo são utilizadas uma argamassa mista com cal hidratada e outra com

aditivo incorporador de ar, desta forma durante a revisão bibliográfica serão tratados esses tipos de argamassas.

Para a confecção das argamassas mistas com cal hidratada, antecedendo seu preparo, é preciso respeitar, para a perfeita hidratação da cal, o período de maturação, que segundo a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) é de no mínimo 16 horas. A maturação é feita misturando a cal, ou areia e cal, em um recipiente com água até que forme uma pasta bem viscosa, não devendo ser utilizada água em excesso. Segundo Rago e Cincotto (1998), a cal que fica em repouso em contato com a água sob a forma de pasta ou argamassa, apresenta uma melhora de propriedades no estado fresco, tais como trabalhabilidade e retenção de água, comparativamente à situação da cal adicionada em pó na hora da mistura. Segundo Selmo apud Bouyton e Gutschik (1989), argamassas com cal, pela finura do material constituinte, resultam em misturas mais plásticas e com maior retenção, permitindo ao material fluir para dentro das irregularidades da base, além de terem a capacidade de promover o fechamento de fissuras ou vazios microscópicos na interface revestimento/substrato.

Argamassas preparadas em obra com utilização de aditivos, segundo estudo comparativo entre esses dois tipos de argamassas, com cal e com aditivos em substituição à cal (Mohamad et al., 2000), mostra que as argamassas pela simples substituição de materiais resultam em mudanças significativas tanto nas propriedades mecânicas quanto nas físicas das argamassas. Quanto às propriedades, o estudo ainda ressalta que as argamassas com aditivos apresentaram um menor consumo de cimento, menor índice de absorção por capilaridade, mas em contrapartida, apresentaram uma maior exsudação ocasionada pela falta de finos que retenham a água, e ainda apresentaram menor resistência de aderência. Em confirmação a esse trabalho, John et al. (1994) ao avaliar o desempenho de argamassas de cimento e aditivo comparativamente ao de cimento e cal hidratada de mesma proporção cimento e areia, conclui que a substituição simples e pura da cal hidratada por aditivo em um traço frequentemente utilizado em obra como 1:2:9 pode resultar em resistências de aderência menores que o mínimo recomendado, dependendo do aditivo e do elemento de alvenaria.

Segundo Sabbatini (1986) a desvantagem quanto à utilização da argamassa com aditivo é no que diz respeito a seu custo, pois quando comparado ao da argamassa também preparada em

obra, mas com cal hidratada, é maior. O autor ainda acrescenta que quantidades incorretas de aditivos podem trazer sérios problemas a argamassa.

2.3.2 Industrializada

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), argamassas industrializadas são aquelas provenientes de dosagem controlada, em instalações próprias, indústrias, de aglomerantes, agregados e eventualmente, aditivos, em estado seco e homogêneo, compondo uma mistura seca a qual o usuário somente adiciona a quantidade de água requerida para proceder a mistura.

Por ser um processo mecanizado e com controle de produção, este tipo de argamassa apresenta maior uniformidade de dosagem, quando preparada de acordo com as indicações do fabricante, fazendo com que se consiga satisfatoriamente a repetição do traço. Em estudo experimental, Falcão Bauer e Rago (1999) testaram dez argamassas industrializadas com dois valores de relação água/argamassa, um com a quantidade de água especificada pelo fabricante e outro com a quantidade necessária para obtenção do índice de consistência padrão de 255 ± 10 mm (do total de argamassas avaliadas apenas uma manteve a quantidade de água constante nos dois métodos). Ao final do estudo, depois de avaliar diversas propriedades das argamassas, os autores concluíram que a quantidade de água e o índice de consistência utilizado na obra devem ser realmente aquele indicado pelo fabricante do revestimento.

Outra grande vantagem deste processo se dá quanto à melhoria da produtividade com conseqüente redução de custos com a mão-de-obra incentivando a utilização de produtos manufaturados. Segundo diversos autores (SILVA et al., 2001; Regattieri et al., 2003) é comprovado que no caso da argamassa preparada em obra há uma perda de produtividade, enquanto que a utilização da argamassa industrializada gera uma redução nas horas de serventes e ajudantes visto que o preparo elimina as etapas de transporte, medida, entre outras. Sem contar com a redução do espaço de armazenamento, com o desperdício de materiais e com a variação dos traços executados.

Em contrapartida, segundo autores da área (Barros e Sabbatini, 1995; Possan et al., 2002), ao avaliar o desempenho de argamassas industrializadas quando aplicadas a diferentes substratos

observa-se significativas diferenças entre as resistências de aderência, indicando que o seu comportamento não pode ser generalizado.

3 BLOCOS DE VEDAÇÃO E OS MECANISMOS DE ADERÊNCIA ÀS ARGAMASSAS

Segundo a NBR 7171⁸ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) blocos de vedação são aqueles que não tem função de suportar outras cargas verticais além do seu próprio peso e pequenas cargas de ocupação. Esses materiais segundo a NBR 8042 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) devem apresentar forma de um paralelepípedo retângulo.

3.1 Propriedades

Os substratos podem ser caracterizados pela porosidade, textura superficial, capacidade de absorção de água, sendo que as propriedades que influem diretamente na resistência de aderência são a porosidade e a capacidade de absorção de água.

A **porosidade** é a relação entre o volume de vazios e o volume total do material. Nos materiais sólidos, os vazios apresentam formas variadas, sendo que para a aderência o mais importante são os poros capilares que é o responsável, nos blocos, pela sucção de água das argamassas (CARASEK, 1996).

Mendes et al. (2004) ao avaliar comparativamente o desempenho quanto à resistência de aderência de uma argamassa industrializada e outra tradicional preparada com cal hidratada, aplicadas sobre substrato cerâmico, salientaram que blocos mais porosos e mais rugosos tendem a apresentar melhores resultados. Ainda concluem que enquanto a porosidade influi

⁸ Os blocos cerâmicos receberam novas normas técnicas: NBR15270-1 (2005) Componentes cerâmicos - Parte 1 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos; NBR15270-3 (2005) Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Método de ensaio.

nos resultados aos 28 dias de cura, a maior rugosidade do bloco tem grande influência ao longo do tempo.

A **textura superficial**, ou seja, a **rugosidade** do bloco também interfere na aderência do revestimento à base. Segundo Carasek (1996) sabe-se o que quanto maior a rugosidade do substrato, maior será a aderência da argamassa a ele.

Autores como, John et al. (1994), Pereira (2000), Scartezini (2001), Pereira et al. (2005), Paes et al. (2005), entre outros, mostram que blocos de concreto propiciam melhor aderência do revestimento ao substrato do que blocos cerâmicos. Carasek (1996) ao testar vários tipos de blocos com argamassas diversas concluiu que os blocos cerâmicos dentre os demais substratos foram os que apresentaram menores níveis de extensão de aderência, mas acrescentou que possivelmente esse comportamento foi ocasionado pelas ondulações feitas durante a fabricação dos blocos com o intuito de aumentar a área de contato com a argamassa. Essas ranhuras podem muitas vezes, pela argamassa não conseguir penetrar em toda extensão, deixar vazios na interface substrato-argamassa, prejudicando a aderência. Assim, em outro trabalho (1990), a autora questiona sobre essa interferência, pois constatou que, o parâmetro rugosidade por si só não deve ser referência para definir a capacidade de aderência. Nesse caso a capacidade de absorção de água se torna mais relevante

A **capacidade de absorção de água** acontece nas primeiras horas, logo após o primeiro contato argamassa/bloco. Esse movimento ocorre pela sucção capilar da água da argamassa para os poros capilares do substrato. De acordo com Carasek (1996) em se tratando de capacidade de aderência, é mais interessante saber a velocidade de absorção de água do que a quantidade de água que pode ser absorvida pelo substrato.

3.2 Mecanismos de aderência – substrato/argamassa

A verificação minuciosa da forma como ocorre a aderência entre substrato e argamassa, pode se dar com o auxílio de análises como intrusão de mercúrio, permeabilidade a gases ou ainda de microscopia eletrônica que verificam a microestrutura argamassa/substrato de maneira a entender melhor essa interação, pois além da troca de água com o substrato, há também uma considerável quantidade que é evaporada ao ambiente.

A partir dessa busca, Carasek (1996) e Scartezini (2002) avaliaram duas linhas de estudo distintas. Uma delas acredita que a aderência se dá através da formação na interface substrato/argamassa de uma camada rica em cálcio, com a precipitação de cristais de hidróxido de cálcio e às vezes carbonato de cálcio, acompanhada da deposição de silicatos de cálcio hidratado (C-S-H) e cristais de etringita. Já a outra, comprovada em estudo experimental por Carasek (1996), diz que a aderência é decorrente do intertravamento de, principalmente, cristais de etringita no interior dos poros do substrato, conforme Figura 4.

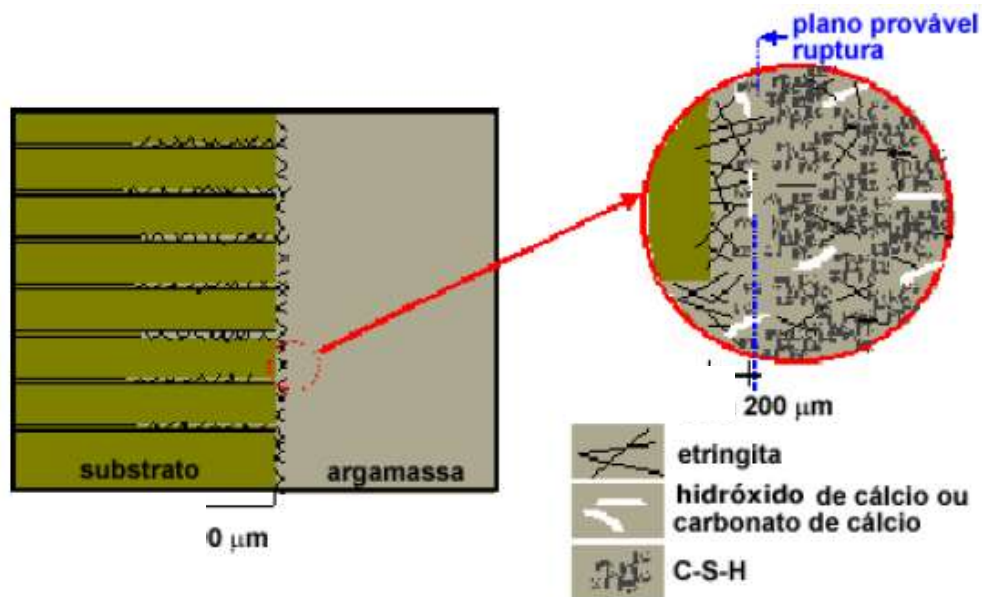


Figura 4: mecanismo de aderência
Scartezini (2002) apud Carasek (1996)

Conforme citado anteriormente, o tipo de substrato, o tipo de argamassa e a condição de umidade do substrato são, comprovadamente, parâmetros que exercem influência na resistência de aderência. Desta forma, a argamassa entra em contato com a base (substrato), parte da água de amassamento penetra pelos poros e cavidades do substrato de modo que ocorre a hidratação do cimento no seu interior, agindo de forma a ocorrer a ancoragem da argamassa à base.

Assim, segundo Carasek (1996) a teoria dos poros ativos surge como um modelo que sugere a distinção dos poros na interação argamassa/substrato, de acordo com a sua capacidade de absorção e retenção de água. Os poros ativos são os que possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção de água.

Inicialmente os poros do substrato são na sua maioria ativos, pois estão vazios e possuem força capilar necessária para absorver água da argamassa, concluindo que blocos de alta absorção de água não necessariamente terão grande quantidade de poros ativos, bem como blocos de baixa absorção não terão obrigatoriamente pequena quantidade de poros ativos. A sucção de água do substrato, portanto depende de sua estrutura de poros.

Da mesma forma, os poros no interior da argamassa também podem ser ativos, desde que possuam força capilar maior do que a do substrato. Pode-se inclusive considerar que inicialmente, ou seja, a argamassa fresca possui seus poros saturados.

Cabe salientar ainda, que poros maiores (capilares) influem na resistência à compressão e permeabilidade enquanto os poros pequenos influenciam na retração e na fluência (MEHTA, 1994)

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este capítulo apresenta, de forma minuciosa, a organização do trabalho de forma a explicar a maneira que foi realizado e esclarecê-lo para que ao fim, seja verificada a influência da interação existente entre a temperatura de cura e o nível de absorção de água do substrato no desempenho de aderência das argamassas de revestimento.

No item 4.1 são expostas as variáveis consideradas no programa experimental, ou seja, as principais características do projeto. Em seguida, no item 4.2 o projeto é apresentado e no desenvolver do capítulo são apresentados todas características dos materiais e ensaios envolvidos neste trabalho.

4.1 VARIÁVEIS DE ANÁLISE

Para a execução do projeto de experimentos as variáveis de análise (independentes) foram definidas como variáveis controláveis, fixas e não controláveis. Como variáveis controláveis têm-se temperatura de cura, tipo de argamassa e tipo (ou nível de absorção) do substrato, todas controladas em três níveis, sendo que:

a) tipo de argamassa de revestimento:

- ↳ argamassa industrializada para revestimento externo (A_1);
- ↳ argamassa tradicional confeccionada em obra, com cal hidratada (A_2), de traço 1:2:9 (cimento:cal:areia), em volume, sem aditivos;
- ↳ argamassa confeccionada em obra, com aditivo incorporador de ar (A_3), de traço 1:5:250ml (cimento:areia:aditivo), volume.

b) tipos de substratos⁹:

- ↳ blocos cerâmicos com baixo nível de absorção (S_1);
- ↳ blocos cerâmicos com médio nível de absorção (S_2);
- ↳ blocos cerâmicos com alto nível de absorção (S_3).

⁹ A referência de nível maior, menor ou intermediário de absorção d'água é relativa às amostras avaliadas.

c) temperaturas de cura.

↳ $5^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ - temperatura baixa (T_1);

↳ $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ - temperatura intermediária (T_2);

↳ $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ - temperatura alta (T_3).

Para a realização do experimento, a umidade relativa do ar foi fixada em $70 \pm 5\%$. Como variável não controlável tem-se a intensidade de aplicação das argamassas nos blocos, visto que esta foi realizada de forma manual.

A principal variável de resposta (dependente) é a resistência de aderência à tração. Em decorrência do projeto de experimento e dos demais ensaios realizados tem-se a resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e absorção capilar como variáveis de resposta complementares.

4.2 PROJETO EXPERIMENTAL

Para avaliar os objetivos propostos nesta pesquisa, foram realizados ensaios em argamassa, em corpos-de-prova cilíndricos (5x10 cm) e mini-paredes prismáticas (45 x 40 cm). Para tal utilizaram-se as variáveis descritas na matriz experimental da Tabela 3. Esta matriz faz parte de um projeto fatorial completo com seis repetições para cada idade de ensaio de resistência de aderência à tração.

Tabela 3: matriz das variáveis de análise – mini-paredes

Temperatura - T_1				Temperatura - T_2				Temperatura - T_3			
Arg	Substrato			Arg	Substrato			Arg	Substrato		
	S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃
A ₁	6x	6x	6x	A ₁	6x	6x	6x	A ₁	6x	6x	6x
A ₂	6x	6x	6x	A ₂	6x	6x	6x	A ₂	6x	6x	6x
A ₃	6x	6x	6x	A ₃	6x	6x	6x	A ₃	6x	6x	6x

O erro foi calculado estatisticamente por meio da discrepância entre os resultados das 6 repetições e com os resultados das interações de maior grau (acima de 3).

Conforme a Tabela 3 acima, o experimento contempla a análise de 27 grupos distintos onde se verificou, através da análise de variância, a influência dos fatores isolados e das interações entre os 3 tipos de argamassa, as 3 temperaturas e os 3 tipos de substratos. Para tal foram

confeccionados 27 mini-paredes de 45 x 40 cm, dos quais foram extraídos 648¹⁰ corpos-de-prova de argamassa para verificação da resistência de aderência à tração. Para a resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e absorção foram moldados 540¹¹, 432¹² e 84¹³ corpos-de-prova cilíndricos (50x100 mm), respectivamente.

4.3 ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A escolha dos materiais utilizados neste estudo se deu com a realização de um levantamento¹⁴ em 12 empresas de construção civil da cidade de Porto Alegre, RS, que estão inseridas no Programa de Melhorias da Comunidade da Construção. No contato com as empresas foram verificado os fornecedores de blocos cerâmicos; tipos de argamassa; aditivos incorporadores de ar e, no caso de argamassa confeccionada em obra, quais os traços utilizados por elas. Na Tabela 4, pode-se verificar os resultados provenientes desta etapa.

Tabela 4: pesquisa de escolha dos materiais

Empresa	Tipo de bloco	Tipo de argamassa		Traço ¹⁵
		preparada em obra	industrializada	
1	S ₂	com aditivo	-	01:05
2	S ₂	-	x	-
3	S ₁	com aditivo	-	01:06
4	S ₂	-	x	-
5	S ₁	-	x	-
6	S ₂	-	x	-
7	S ₃	-	x	-
8	S ₁	com aditivo	-	01:06
9	S ₄	com cal	-	01:02:09
10	S ₂	-	x	-
11	S ₅	-	x	-
12	S ₂	com cal	-	01:02:09

¹⁰ 648= (27 grupos) x (6 corpos-de-prova) x (4 idades de arrancamento)

¹¹ 540= (27 grupos) x (4 corpos-de-prova) x (5 idades de ruptura)

¹² 432= (27 grupos) x (4 corpos-de-prova) x (1 idade de ruptura) + (27 grupos) x (3 corpos-de-prova) x (4 idades de ruptura)

¹³ 84= (3 argamassas) x (7 corpos-de-prova) x (4 temperaturas)

¹⁴ As empresas foram contatadas por meio de ligação telefônica.

¹⁵ Traço refere-se a (cimento:areia) ou (cimento:cal:areia), em volume.

A partir dos resultados obtidos nesse estudo, todos os 5 (cinco) blocos citados foram caracterizados a fim de identificar seus níveis de absorção. Para isso, tomou-se como referência a NBR 8947¹⁶ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985) que descreve o método de determinação da absorção de água em telhas cerâmicas, uma vez que não se tem uma norma brasileira específica que indique o método de ensaio utilizado para avaliar o nível de absorção de água de blocos cerâmicos. Essa metodologia foi empregada a partir da compreensão da norma de especificação de blocos cerâmicos, NBR 7171 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), que recomenda essa designação na realização deste tipo de verificação. Uma vez determinada a absorção de água dos diferentes blocos cerâmicos, escolheu-se três blocos distintos que representassem um menor nível de absorção, um nível intermediário e um superior. Os blocos que apresentaram a menor e a maior absorção de água, entre os avaliados, foram denominados de absorção baixa e alta, respectivamente. O bloco cerâmico com nível de absorção entre os dois citados, foi chamado absorção média. Assim, os blocos identificados como S₄ e S₅ foram descartados, e os denominados S₁, S₂ e S₃ foram caracterizados de forma mais completa e utilizados no decorrer da pesquisa, conforme se verifica no item 4.3.1.

Para a escolha das argamassas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, da mesma forma que com os blocos cerâmicos, foram observados os resultados obtidos no estudo prévio com o grupo de empresas do setor de construção civil. Entretanto não foi possível, em todos os casos, adotar o traço utilizado pelas empresas, como no caso da argamassa com aditivo incorporador de ar, onde o utilizado por duas empresas foi o traço 1:6 (cimento: areia, em volume) e o especificado pelo fabricante é de 1:5 (cimento:areia, em volume). Neste caso foi utilizada a especificação do fabricante.

4.3.1 Blocos Cerâmicos

Foram utilizados três tipos de blocos cerâmicos de vedação de fabricantes distintos e provenientes de cerâmicas da região da cidade de Porto Alegre, RS. Estes blocos (Figura 5), conforme pode-se observar na Tabela 5, receberam identificação, de acordo com seu índice de absorção de água, que será utilizada no decorrer do trabalho.

¹⁶ Esta norma foi atualizada em novembro, 2005 como Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio - NBR15310.

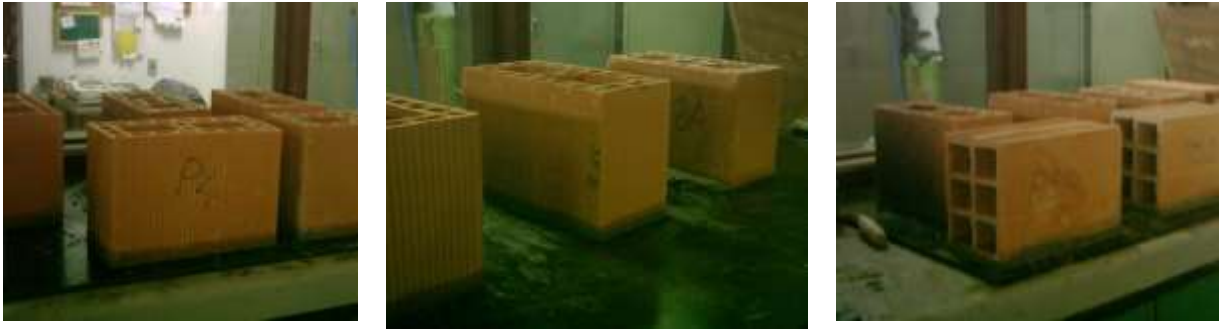
bloco S₁bloco S₂bloco S₃

Figura 5: blocos cerâmicos

Tabela 5: identificação dos blocos cerâmicos

Nomenclatura	Variável considerada
S ₁	menor nível de absorção de água
S ₂	nível intermediário de absorção de água
S ₃	maior nível de absorção de água

A referência de nível maior, menor ou intermediário de absorção d'água é relativa às amostras avaliadas.

As propriedades dos diversos blocos foram verificadas a partir de ensaios de caracterização quanto à absorção de água, resistência à compressão, verificação de suas formas e dimensões, e taxa de absorção inicial (IRA). Todos os ensaios foram realizados seguindo prescrições de normas brasileiras ou internacionais.

A Tabela 6 mostra os resultados dos respectivos ensaios de caracterização bem como os procedimentos empregados para a verificação destas propriedades.

Tabela 6: características físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos

Parâmetros	Resultados (valores médios)			Limites especificados pela NBR 7171/92	Normas
	Bloco S ₁	Bloco S ₂	Bloco S ₃		
Absorção de água (%)	12,6	16,3	19,1	≥ 8,0 % ≤ 25,0 %	NBR 8947/85
Resistência à compressão (MPa)	14,47	6,92	1,62	≥ 1,5 MPa	NBR 6461/83
altura (mm)	189,42	192,79	190,58	190 ± 3	NBR 8042/92
Formas e dimensões largura (mm)	139,71	145,46	139,75	140 ± 3	
comprimento (mm)	288,54	291,13	291,29	290 ± 3	
Taxa de absorção inicial (g/cm ²)	13,11	17,34	12,52	-	ASTM C67

4.3.2 Cimento

Para realização dos ensaios utilizou-se o cimento Portland Alta Resistência Inicial – Resistente a Sulfatos (CP V – ARI RS).

Conforme citado no capítulo 2, item 2.1.1, segundo pesquisadores da área (Bolorino e Cincotto, 1997; Araújo, 1996), no que diz respeito ao comportamento, a utilização do cimento CPV-ARI não afeta o desempenho das argamassas de revestimento e sim o aumento dos níveis de resistência. Em complemento a esse pensamento, o relatório da Comunidade da Construção (2003), diz que desde que dosados adequadamente, todos os tipos de cimento são apropriados para argamassas.

Apesar de não ser o aglomerante de maior utilização nas obras da região, este era, na época, o material disponível para a realização do trabalho. Antecedendo sua utilização, foi tomado um cuidado especial para que todo o cimento utilizado neste projeto de pesquisa fosse proveniente de um mesmo lote de fabricação.

A Tabela 7 apresenta a caracterização do cimento CP V – ARI RS fornecidas pelo fabricante, que foi responsável pela análise.

Tabela 7: características físicas e químicas do cimento¹⁷¹⁸

¹⁷ Dados fornecidos pelo fabricante.

¹⁸: A NBR NM 65 - cimento portland – determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200) recebeu a designação NBR 11579 MB3432

	Parâmetros	Resultados (%)	Limites especificados pelas respectivas normas (%)	Normas	
Análise Química	Raio-X	SiO ₂	24,20	-	NM 14
		Al ₂ O ₃	6,48	-	
		Fe ₂ O ₃	3,47	-	
		CaO	50,53	-	
		MgO	7,84	≤ 6,5	
	Trióxido de enxofre (SO ₃)	3,06	≤ 3,5	NM 16	
	Resíduo insolúvel (SiO ₂)	11,26	-	NM 15	
	Perda ao fogo	3,04	≤ 4,5	NM 18	
Análise física	Resistência à compressão	MPa	MPa		
	1 dia	21,30	≥ 11,0	NBR 7215	
	3 dias	30,48	≥ 24,0		
	7 dias	34,47	≥ 34,0		
	28 dias	40,34	-		
	Finura		% retida		
	peneira n.º 200	0,10	≥ 6,0	NBR NM 65	
	peneira n.º 325	0,63	-	NBR 9202	
	área específica	545 m ² /kg	> 450 m ² /kg	NBR NM 65	
	Pega		minutos		
	início	329	≥ 60	NM 65	
fim	395	≤ 600			

4.3.3 Cal Hidratada

A cal utilizada foi do tipo hidratada CH-III dolomítica, disponível na região de Porto Alegre.

As características físicas e químicas da cal, fornecidas pelo fabricante, são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: características físicas e químicas da cal hidratada¹⁹

¹⁹ Responsável pela análise: Química Janice Castro de Oliveira – CRQ 5ª Região 05301787.

	Parâmetros	Resultados (%)	Limites (NBR 7175/03) (%)
Análise química	CO ₂	< 3,0	≤ 5,0
	CaO	48,24	-
	MgO	29,11	-
	Perda ao fogo	18,19	-
	Resíduo insolúvel(SiO ₂)	4,10	-
	óxidos totais	94,55	> 88,0
Análise física	Finura	(% retida acumulada)	
	peneira 0,600mm	0	≤ 15,0
	peneira 0,074mm	14,0	≤ 15,0

4.3.4 Agregado miúdo

Na confecção das argamassas, foi utilizada areia classificada comercialmente como média oriunda da região do rio Jacuí.

A análise e a curva granulométrica do agregado utilizado, obtidas conforme procedimento recomendado pela NM 248 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001), podem ser observadas na Tabela 9 e na Figura 6, respectivamente. Foi determinada também a massa específica da areia, onde se adotou como referência o procedimento descrito pela NBR 9776 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

Tabela 9: caracterização da areia

	Resultados			Método de ensaio
	Abertura da peneira (mm)	Porcentagem retida		
Distribuição granulométrica		por peneira	acumulada	NM 248/01
	4,8	0	0	
	2,4	3	3	
	1,2	7	11	
	0,6	38	49	
	0,3	41	90	
	0,15	9	99	
	< 0,15	1	100	
Dimensão Máxima Característica	2,4 mm			NM 248/01
Módulo de finura	2,517			NM 248/01
Massa específica	2,58 kg/dm ³			NBR 9776/87

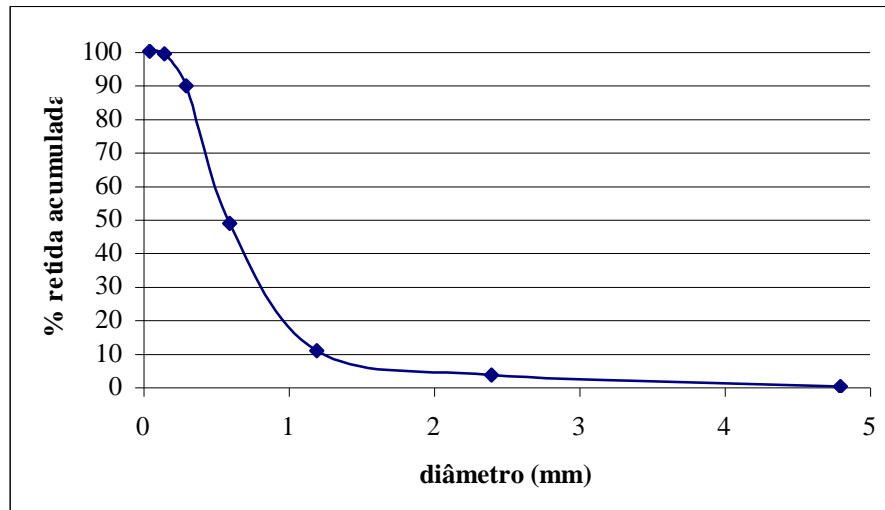


Figura 6: curva granulométrica da areia

4.3.5 Aditivo

Uma das argamassas estudadas foi preparada com a utilização de aditivo incorporador de ar em substituição à cal. O aditivo escolhido, da mesma forma que o restante dos materiais, foi um de grande utilização na região de Porto Alegre, RS e é específico para argamassas de revestimento.

O produto foi empregado seguindo as recomendações do fabricante e suas características são especificadas na Tabela 10.

Tabela 10: caracterização do aditivo incorporador de ar²⁰

Parâmetros	Resultados
aspecto	líquido cor vermelha escura
densidade a 20°C	1,032 ± 0,002
viscosidade a 25°C	1,8 cp ± 0,5cp
solubilidade em água	total
solubilidade em solventes	solúvel em álcool, insolúvel em benzeno e tolueno
índice de acidez	Ph = 10
teor de cloretos	isento
teor de sulfatos	isento

4.3.6 Argamassa Industrializada

A argamassa industrializada utilizada é disponível no mercado da região, composta por areia de quartzo à base de rocha calcária com granulometria controlada, cimento portland e aditivos químicos especiais. É indicada para utilização em revestimentos de alvenarias de bloco cerâmico, numa única camada, com espessura de 2,0 a 3,0 cm. Não contém cal em sua formulação e é comercializada em sacos de 40 quilos.

As características da argamassa industrializada, fornecidas pelo fabricante, podem ser observadas na Tabela 11. Além desses parâmetros, foram realizados juntamente com os outros tipos de argamassas (preparadas em obra com uso de cal e aditivo), ensaios de caracterização físicos e mecânicos que serão apresentados posteriormente.

Tabela 11: características físicas e mecânicas da argamassa industrializada²¹

²⁰ Dados fornecidos pelo fabricante.

²¹ Dados fornecidos pelo fabricante.

Parâmetros	Normalização	Resultados
densidade fresca	-	1,70 a 1,80 kg/l
resistência à compressão (28 dias)	NBR 13279	4,0 a 5,0 MPa
módulo de deformação	NBR 8522	1,2 a 1,3 GPa
capacidade de retenção de água	NBR 13277	90 a 92 %
teor de ar incorporado	NBR 13278	18 a 22 %
resistência de aderência à tração (28 dias)	NBR 13528	> 0,30 MPa
adição de água	-	6,0 litros/saco
rendimento por cm de espessura	-	aprox. 18 kg/m ²

4.4 AMBIENTE DE CURA

Para garantir a constância das temperaturas especificadas, foram utilizadas três câmaras climatizadas distintas com temperaturas de $5 \pm 5^\circ\text{C}$, $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $40 \pm 5^\circ\text{C}$. Para todas as câmaras, a umidade relativa do ar se manteve constante em $70 \pm 3\%$.

A fim de gerar um ambiente de cura com temperatura baixa ($5 \pm 5^\circ\text{C}$) as amostras foram dispostas em geladeiras, conforme Figura 7, com temperatura e umidade controladas. O monitoramento da temperatura e umidade relativa se deu com auxílio de termômetro com intervalos de 48 horas a 72 horas.



Figura 7: ambiente de cura das amostras em temperatura de $5 \pm 5^{\circ}\text{C}$
(geladeira)

Para a cura com temperatura intermediária ($23 \pm 5^{\circ}\text{C}$) foi utilizada uma sala climatizada (Figura 8) onde é possível a programação da temperatura e umidade relativa do ar desejada. A manutenção desses parâmetros foi feita automaticamente.



Figura 8: ambiente de cura das amostras com temperatura de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$
(sala climatizada)

Já para a cura em temperatura elevada ($40 \pm 5^{\circ}\text{C}$), foram utilizadas estufas, conforme pode-se observar na Figura 9 onde a temperatura é controlada pelo simples ajuste do termostato.

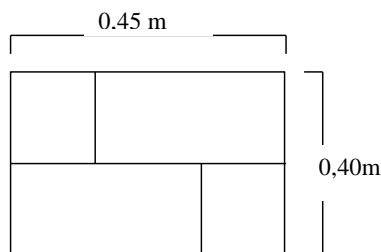


Figura 9: ambiente de cura das amostras com temperatura de $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$
(estufas)

Nos ambientes de cura em temperatura baixa e alta (geladeira e estufa, respectivamente), para o controle da umidade relativa de $70\pm 3\%$, utilizou-se cloreto de cálcio, quando esta encontrava-se acima do desejado e água quando a mesma estava abaixo do valor especificado.

4.5 CONFECÇÃO DAS MINI-PAREDES

Uma vez escolhidos os blocos a serem utilizados, para avaliar o desempenho quanto a aderência dos três tipos de argamassas estudadas neste trabalho, foram confeccionados 27 prismas (mini-paredes), nove para cada tipo de bloco, com dimensões de 40 x 45 cm. A representação esquemática das paredes e suas dimensões características estão especificados na Figura 10.



(a)



(b)

Figura 10: mini-paredes utilizadas como substrato da argamassa
(a) representação esquemática; (b) aspecto final das paredes

Para a construção das paredes, conforme Figura 11 (a), foi necessário um pedreiro que foi responsável pela construção de todos os prismas e pela aplicação das argamassas de revestimento. Estes procedimentos foram realizados por um único operador a fim de reduzir a variabilidade referente à mão-de-obra durante o processo de execução. A participação deste profissional foi de extrema importância no que se trata da experiência e habilidade e que possibilitou a realização do serviço da melhor forma.

A união dos blocos cerâmicos se deu com argamassa do tipo industrializada específica para assentamentos de elementos de vedação. A junta de assentamento entre os blocos teve

espessura fixada em $2,5 \pm 0,5\text{cm}$ para que fosse possível verificar a interferência da junta na resistência de aderência à tração.

Após a confecção das paredes (Figura 11 (b)), as mesmas foram estocadas em ambiente de laboratório aguardando o período de 28 dias para a cura da argamassa de assentamento, para então serem aplicadas as argamassas de revestimento.



(a)



(b)

Figura 11: (a) assentamento da 1.^a fiada; (b) aspecto final das paredes

4.6 CONFECÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

A mistura dos materiais foi feita em ambiente de laboratório, com betoneira de eixo inclinado de capacidade de 25 litros, modelo BSK 100, conforme ilustrado na Figura 12 (a). Apesar da betoneira não ser o equipamento mais indicado para o preparo de argamassas, esta foi empregada devido ao fato de utilizar um único equipamento para mistura dos três tipos de argamassa, e por ainda ser muito restrito o número de empresas que utilizam argamassadeira em obra. Depois de efetuada a mistura dos materiais na betoneira, a argamassa foi colocada em caixas, Figura 12 (b), para que fosse utilizada.



(a)



(b)

Figura 12: preparo da argamassa
(a) mistura em betoneira; (b) mistura pronta para ser utilizada

Cada tipo de revestimento foi confeccionado com intervalo de dois (2) dias entre eles. Em cada dia foi confeccionado um tipo de argamassa de revestimento. A execução dos revestimentos, confecção dos corpos-de-prova, bem como a realização dos ensaios no estado fresco, aconteceu nos mesmos dias de preparo da mistura. A programação de execução das argamassas se deu na seguinte ordem: argamassa industrializada, mista com cal e preparada com aditivo incorporador de ar. Devido à capacidade de mistura da betoneira, de aproximadamente 20 litros, foi necessário, para a confecção dos corpos-de-prova, do revestimento das mini-paredes e para a realização dos ensaios no estado fresco, a elaboração de várias betonadas de um mesmo tipo de argamassa, sendo estas realizadas em um mesmo dia.

Durante a confecção das diferentes argamassas foi mantida fixa a consistência, segundo recomendações do fabricante da argamassa industrializada e prescrições da NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), em 255 ± 5 mm.

No decorrer do trabalho, para facilitar a análise dos resultados, os três tipos de revestimentos de argamassa terão nomenclatura conforme descrito na Tabela 12.

Tabela 12: identificação das argamassas de revestimento

Nomenclatura	Tipo de argamassa
A ₁	industrializada
A ₂	preparada em obra com cal
A ₃	preparada em obra com aditivo

4.6.1 Argamassa A₁

A argamassa do tipo industrializada (A₁) foi preparada conforme indicações do fabricante adicionando aproximadamente 6,0 litros de água por saco de argamassa (40 quilos). Com a quantidade de água indicada, atingiu-se a consistência de 255 ± 5 mm.

4.6.2 Argamassa A₂

A argamassa preparada em obra com cal (A₂) foi elaborada de acordo com o traço 1:2:9 (cimento:cal hidratada:areia) expresso em volume. Para efetuar a mistura, o traço foi convertido em massa.

A cal hidratada foi maturada por 24 horas, conforme indicação da NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) que exige a maturação de no mínimo de 16 horas para este tipo de cal, para enfim ser confeccionada a argamassa.

O procedimento de mistura deste revestimento na betoneira se deu da seguinte forma: foi colocado inicialmente o agregado miúdo, seguido da cal maturada, o cimento e, por último, a água, que foi adicionada aos poucos até a obtenção do índice de consistência desejado (255 ± 5 mm).

4.6.3 Argamassa A₃

A argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar (A₃) foi produzida com aditivo em substituição à cal. A quantidade de aditivo utilizado bem como o traço, seguiu prescrições do fabricante, de 250 ml por saco de cimento (50 quilos) e traço 1:5 (cimento:areia), expresso em volume.

A partir da definição do traço e da quantidade de aditivo fez-se a conversão destas medidas para massa e depois de pesados os materiais, a argamassa foi misturada em betoneira na ordem recomendada pelo fabricante do aditivo incorporador de ar. Foi colocada parte da água previamente misturada ao aditivo, o cimento, em seguida a areia e enfim, o restante da água até a obtenção do índice de consistência padrão desejado.

4.7 APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

As argamassas de revestimento foram aplicadas diretamente sobre os substratos, não utilizando chapisco como preparo da base, uma vez que o objetivo principal deste trabalho é a avaliação da influência do nível de absorção do substrato. A literatura aponta que a presença

de uma camada regularizadora (chapisco) sob a superfície a ser revestida interfere na aderência do revestimento à base, uma vez que este procedimento uniformiza a absorção do substrato além de aumentar a área superficial. Esse aumento da área superficial confere um incremento na resistência de aderência (John et al., 1994; Scartezini, 2002; Scartezini et al., 2002; Scartezini e Carasek, 2003; Mendes et al., 2004; entre outros).

A aplicação da camada de revestimento (camada única), conforme mencionado anteriormente, foi realizada 28 dias após o assentamento dos blocos (confeção dos prismas). Os três tipos de argamassas de revestimento foram aplicados, em uma única camada, sem a molhagem dos substratos. A aplicação foi feita de forma manual com a utilização de colher de pedreiro, desempenadeira e régua metálica (Figura 13 a e b). Este procedimento foi realizado pelo mesmo operador que havia confeccionado as mini-paredes, sempre respeitando o tempo de utilização da argamassa produzida, conforme prescrição da NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) de 2h e 30 min.



(a)



(b)

Figura 13: aplicação do revestimento
(a) argamassa chapada sobre o substrato (b) acabamento após desempenho

As argamassas foram aplicadas nas duas faces das paredes com espessura entre 20 e 30 mm seguindo especificações da NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996). Para facilitar a aplicação, as paredes foram colocadas uma ao lado da outra, formando uma parede contínua, e assim, aplicado o revestimento no conjunto. Logo após a aplicação foi passada a régua para dividi-las em seu tamanho original.

Depois de revestidos, os 27 prismas foram dispostos nos três diferentes ambientes de cura (geladeira, câmara climatizada e estufa) situados no laboratório de materiais do NORIE, conforme esquematizado na Figura 14.

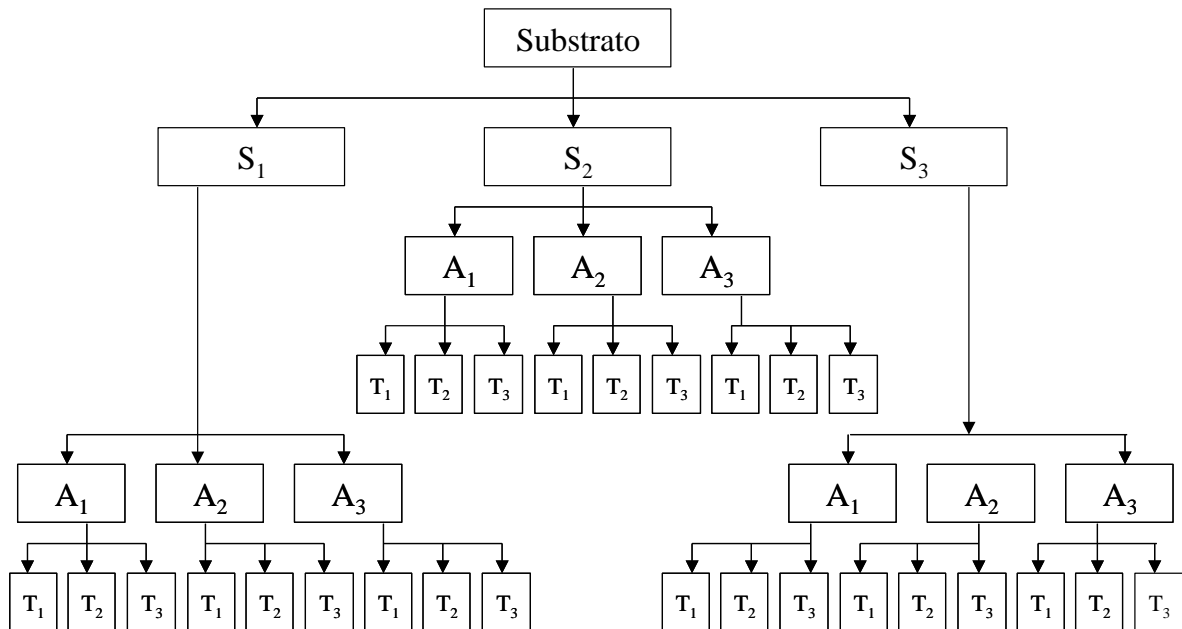


Figura 14: disposição das mini-paredes no ambiente de cura em função do tipo de argamassa

A₁ – argamassa industrializada

A₂ – argamassa com cal hidratada

A₃ – argamassa com aditivo incorporador de ar

S₁ – absorção baixa

S₂ – absorção intermediária

S₃ – absorção alta

T₁ – temperatura baixa

T₂ – temperatura intermediária

T₃ – temperatura alta

4.8 PREPARO DOS CORPOS-DE-PROVA

A fim de verificar as propriedades de cada argamassa utilizada, foram confeccionados para cada uma, 188 corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, conforme ilustra Figura 15



Figura 15: corpos-de-prova cilíndricos utilizados para os ensaios no estado endurecido

A confecção dos corpos-de-prova, de acordo com as Figura 16 (a), (b), (c) e (d), seguiu as recomendações das normas de ensaios de argamassas no estado endurecido que orienta a utilização dos procedimentos descritos na NBR 7215²² (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996). Finalizada a moldagem, os corpos-de-prova foram colocados em câmara úmida e desmoldados após 48 horas, seguindo prescrições da NBR13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). As amostras então, além de receberem cura conforme indicado nos procedimentos da norma, tiveram tratamento similar às mini-paredes, onde foram divididas em grupos e curadas nas mesmas temperaturas de $5 \pm 5^{\circ}\text{C}$, $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ com umidade controlada em $70 \pm 5\%$. Este procedimento foi adotado a fim de realizar a análise das propriedades das argamassas de revestimento não só como especificado na NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), mas também conforme as variáveis estudadas neste projeto.

²² A nova Norma recomenda a confecção de corpos-de-prova prismáticos.

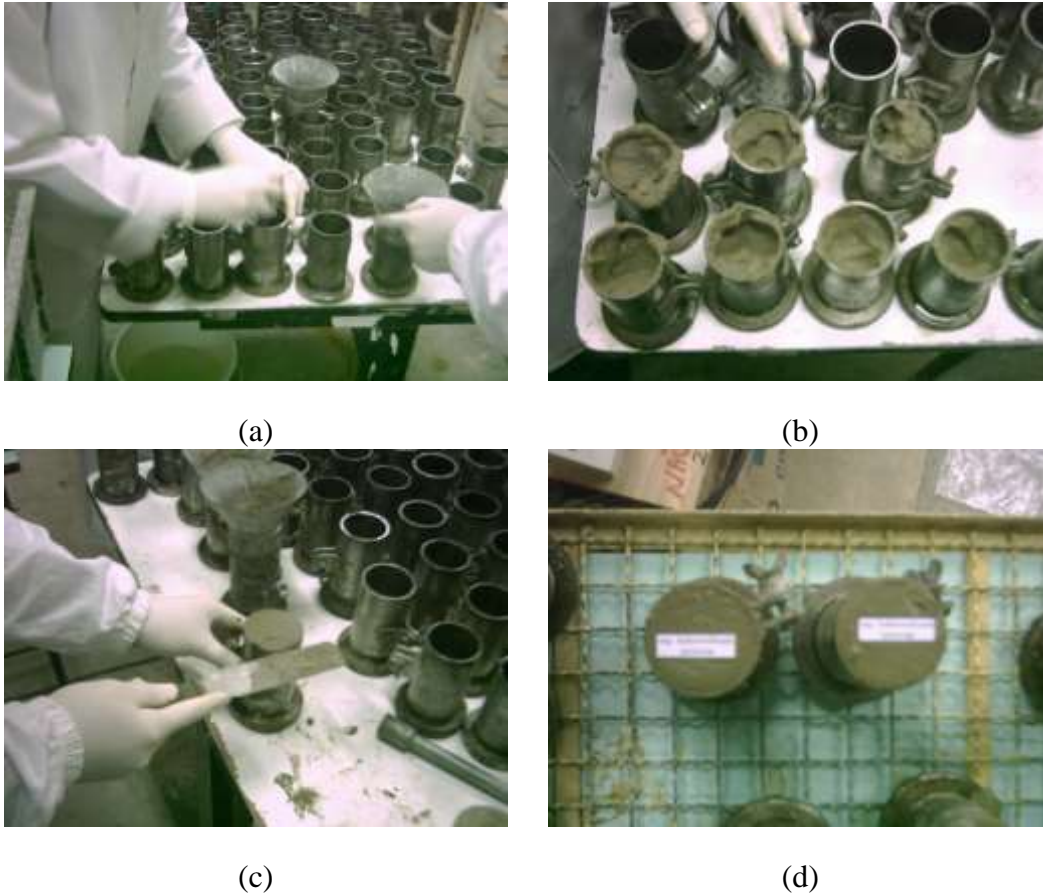


Figura 16: moldagem dos corpos-de-prova
 (a) compactação das camadas (b) preenchimento parcial do molde
 com argamassa (c) acabamento da superfície (d) corpos-de-prova
 moldados

As amostras utilizadas nos diversos tipos de análises no estado endurecido foram moldadas na mesma idade da aplicação da argamassa de revestimento nas mini-paredes. Ainda neste período, foram realizados ensaios nas argamassas no estado fresco.

4.9 ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios foram realizados com a finalidade de caracterizar e determinar as propriedades dos três tipos de argamassas estudadas neste projeto, que trata da verificação da influência da temperatura e do tipo de substrato no desempenho mecânico de aderência das argamassas.

Para alcançar o objetivo proposto, foram realizados ensaios em argamassa no estado fresco e endurecido e em mini-paredes no estado endurecido. A Figura 17 mostra de forma detalhada os procedimentos realizados.

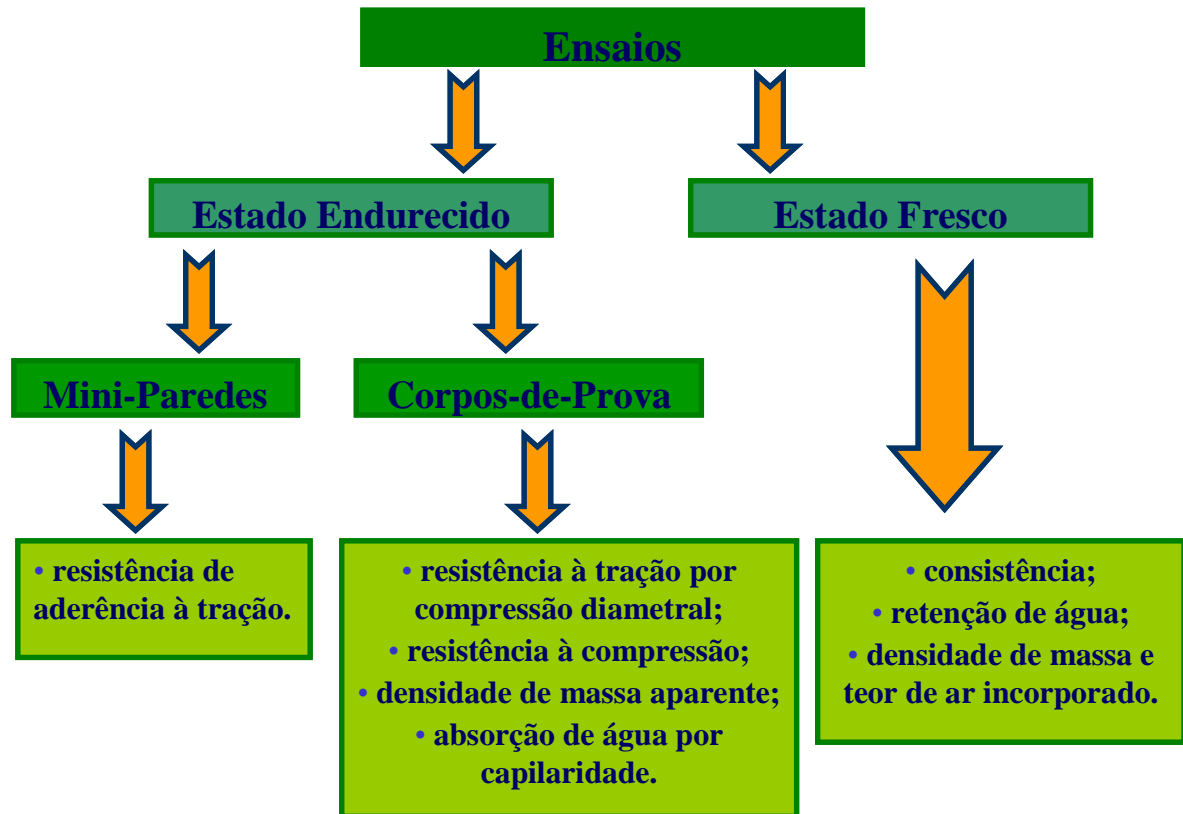


Figura 17: fluxograma de delineamento dos ensaios realizados durante a pesquisa

4.9.1 Ensaio com argamassas no estado fresco

Os métodos de caracterização das argamassas no estado fresco, conforme mencionado anteriormente, foram realizados no instante da aplicação dos revestimentos nas mini-paredes, imediatamente após a confecção das argamassas.

2.2.2.3 Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão

Durante a realização deste ensaio, efetuado de acordo com os procedimentos recomendados pela NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), os três

tipos de revestimentos de argamassas apresentaram consistência dentro do limite fixado pelo projeto. A média do espalhamento da argamassa sobre a mesa de ensaio, conforme mostra a Figura 18, após ser submetida às quedas padronizadas da mesa ficou compreendida no intervalo de 255 ± 5 mm, consistência considerada adequada para aplicação nas mini-paredes e que obedece a normalização que exige um índice de consistência padrão de 255 ± 10 mm.



Figura 18: ensaio de consistência

Os resultados de consistência, para todas as misturas encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13: resultados dos ensaios de consistência – NBR 13276/95

	Índice de consistência médio (mm)		
	argamassa A ₁	argamassa A ₂	argamassa A ₃
Betonada 1	253	255	259
Betonada 2	256	258	251
Betonada 3	257	259	257
Betonada 4	252	256	250
Betonada 5	256	258	258

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

2.2.2.3 Determinação da retenção de água

A determinação da retenção de água foi realizada conforme procedimento recomendado pela NBR 13277 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Para isso foi

verificada a relação entre a massa de água retida pela argamassa após a sucção dos filtros de papel (Figura 19) e a massa de água inicial da argamassa. Este procedimento foi efetuado um total de quatro vezes para cada tipo de argamassa de revestimento.



Figura 19: peso padronizado sobre filtro durante ensaio de retenção de água

Os resultados finais deste parâmetro para os três tipos de revestimento estão representados na Tabela 14.

Tabela 14: retenção de água para as argamassas estudadas quanto a NBR 13277/05

	Índice de retenção de água (%)		
	argamassa A ₁	argamassa A ₂	argamassa A ₃
Repetição 1	94	93	87
Repetição 2	94	93	85
Repetição 3	90	93	87
Repetição 4	94	95	86
MÉDIA	93	93	86

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Pode-se observar que todas as argamassas apresentaram retenção de água superior a 80%, resultado este que, de acordo com Salvador (2005) é considerado adequado para argamassas de revestimento. Menores valores de retenção podem ser prejudiciais à trabalhabilidade das argamassas, além de favorecer o aparecimento de manifestações patológicas, como a retração.

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

2.2.2.3 Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado

Ensaio com procedimento normalizado pela NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), conforme Figura 20 que define os índices de densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas de revestimento pelo método gravimétrico.



Figura 20: ensaio de argamassas de revestimento no estado plástico

Os resultados, bem como as médias do ensaio de caracterização das argamassas podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15: resultados dos ensaios provenientes da NBR 13278/05 para as argamassas em estudo

	Argamassa A ₁		Argamassa A ₂		Argamassa A ₃	
	densidade de massa (g/cm ³)	teor de ar incorporado (%)	densidade de massa (g/cm ³)	teor de ar incorporado (%)	densidade de massa (g/cm ³)	teor de ar incorporado (%)
Repetição 1	1,14	24	1,40	32	1,26	51
Repetição 2	1,12	25	1,41	31	1,27	50
Repetição 3	1,15	23	1,40	32	1,26	51
Repetição 4	1,14	23	1,40	32	1,27	50
MÉDIA	1,14	24	1,40	32	1,26	51

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Conforme esperado, a argamassa industrializada e a argamassa preparada em obra com aditivo substitutivo da cal apresentaram menores densidades de massa do que a argamassa confeccionada com cal hidratada.

4.9.2 Ensaios em argamassa no estado endurecido

Os métodos de caracterização das argamassas no estado endurecido, conforme mencionado anteriormente, foram realizados de duas maneiras, aplicadas sobre substratos e em corpos-de-prova. Os ensaios com argamassas aplicada em mini-paredes teve como referência 4 idades de verificação, enquanto que os ensaios realizados em corpos-de-prova tiveram como parâmetros 5 datas distintas.

2.2.2.3 Ensaios em argamassa aplicada sobre substratos

O ensaio com argamassa aplicada sobre o substrato foi realizado com as paredes já confeccionadas, revestidas e devidamente acondicionadas nos distintos ambientes de cura com temperaturas de $5 \pm 5^\circ\text{C}$, $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $40 \pm 5^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar fixada em 70%.

2.2.2.3 Determinação da resistência de aderência à tração

A resistência de aderência à tração ou resistência ao arrancamento, que segundo o IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGIAS, 1995), é a tensão máxima suportada por um corpo-de-prova de revestimento, quando submetido a um esforço normal de tração, está sendo avaliada neste estudo pelo método especificado pela norma brasileira NBR 13528²³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

Para realização deste experimento, segundo consta na NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), necessita-se de um número mínimo de amostras arrancadas por idade de ensaio igual a 6 corpos-de-prova. Assim, neste projeto de

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

pesquisa, estão sendo avaliadas quatro (4) idades de ensaio, aos 28, 60, 91 e 120 dias, onde são realizadas seis repetições por idade.

A resistência de aderência à tração foi determinada com o auxílio de um equipamento mecânico desenvolvido pela EPUSP/ENCOL, especificado na Figura 21, aplicando a metodologia indicada por Geyer (1994).

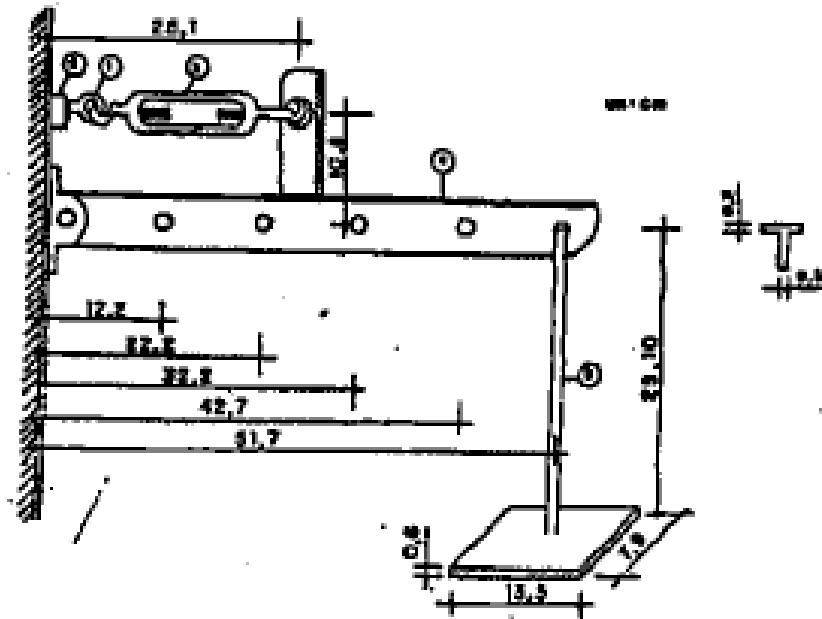


Figura 21: equipamento utilizado para determinação da resistência de aderência à tração
Geyer (1994)

O procedimento de ensaio consiste inicialmente na confecção do corte da argamassa de revestimento com a finalidade de delimitar o corpo-de-prova de revestimento. Como pode ser observado na Figura 22 (a), o corte foi realizado com serra copo diamantada. Apesar da norma brasileira permitir que esta etapa seja realizada com água, neste projeto, o corte sempre foi feito um (1) dia antes da realização do ensaio a seco. Assim, cabe ao autor do trabalho definir a melhor forma de realização do processo. Após, faz-se a limpeza da superfície a fim de eliminar grãos soltos ou poeira e, conforme Figura 22 (b), cola-se uma pastilha metálica de seção circular de 50 mm de diâmetro com cola epóxi sobre o revestimento.

²³ Além da NBR 13528 (1995) foi editada a NBR15258 (2005) - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração



(a)



(b)

Figura 22: (a) corte das paredes (b) colagem das pastilhas de \varnothing 5 cm para o ensaio de arrancamento

O ensaio propriamente dito consiste na ruptura do revestimento de argamassa com a tração da pastilha circular de 50 mm de diâmetro. Essa força foi realizada com o auxílio do equipamento mecânico com aplicação de carga lenta e progressiva, como pode-se observar na Figura 23. A carga aplicada foi de 1000 em 1000 gramas em intervalo de 20 segundos, o que resulta em uma taxa de, aproximadamente, $0,1\text{kg}/\text{cm}^2.\text{s}$ ao utilizar o furo n.º 5 do equipamento.



Figura 23: execução do ensaio de resistência de aderência à tração

A Norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) estabelece que além de registradas as cargas de ruptura do revestimento quando tracionada a pastilha, sejam observadas as superfícies e a forma de ruptura (Figura 24).



Figura 24: superfície de ruptura após arrancamento

Diferentes tipos de ruptura, conforme se observa na Figura 25, podem ocorrer neste ensaio: na interface da argamassa e substrato; na argamassa; no substrato, e ainda entre a argamassa e a cola. No caso da ruptura ocorrer na interface revestimento de argamassa e substrato, o valor da resistência de aderência é igual ao valor obtido pelo ensaio. Se a ruptura ocorrer no interior da argamassa ou no substrato, a resistência à tração não foi determinada e é superior ao valor obtido no ensaio. Se a ruptura ocorrer na interface cola e pastilha, indica uma imperfeição na colagem da pastilha e assim, o resultado é desprezado. No caso de ocorrer diferentes formas de ruptura em um mesmo corpo-de-prova, a percentagem aproximada da área de cada uma é anotada.

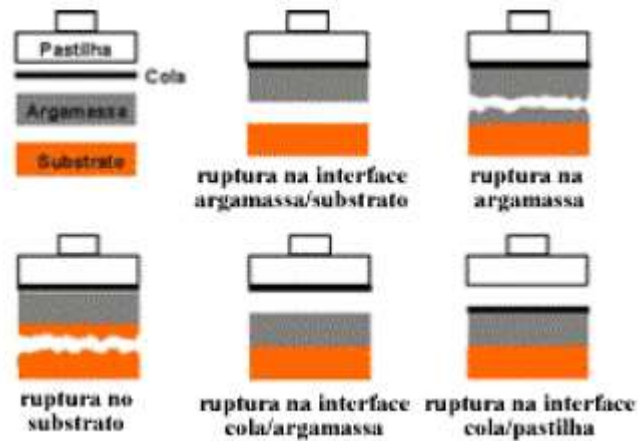


Figura 25: tipos de ruptura;
Scartezini (2002)

2.2.2.3 Ensaios em corpos-de-prova

Para realização dos ensaios em corpos-de-prova de argamassas no estado endurecido são utilizados protótipos cilíndricos confeccionados conforme normalização e anteriormente citado, de dimensões iguais a 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

Neste item do trabalho experimental serão somente abordados os resultados provenientes dos ensaios realizados no estado endurecido dos corpos-de-prova confeccionados e curados conforme a normalização vigente. Os demais resultados dos mesmos ensaios, porém com amostras curadas em diversas temperaturas serão abordados no capítulo de análise dos resultados. No anexo A encontram-se os resultados obtidos individualmente em todos ensaios abaixo descritos, bem como médias e desvios.

2.2.2.3 Determinação da resistência à compressão axial

Para determinação da resistência a compressão, adotou-se como referência o procedimento descrito pela NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Foram avaliados um total de 20 corpos-de-prova por tipo de argamassa de revestimento,

sendo divididos em 4 amostras por idade ensaiada. As idades avaliadas por este estudo foram de 7, 14, 28, 60 e 91 dias.

Os protótipos, antes de rompidos, receberam capeamento com pasta de enxofre para regularização da superfície. Após este procedimento foi efetuada a ruptura, conforme Figura 26. A prensa utilizada neste ensaio foi hidráulica da marca Shimadzu, modelo AG-100kNG, com capacidade total de carga de 100kN, aplicando-se carga continuamente, sem choque, com crescimento constante da tensão até a ruptura do corpo-de-prova.



Figura 26: resistência à compressão

O resultado final da resistência a compressão axial de cada idade de rompimento é composto pela média das cargas de ruptura daquela etapa desconsiderando-se os resultados que tiveram um desvio maior que 6%, conforme prescrição da NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Os respectivos resultados da resistência à compressão axial das argamassas industrializadas, preparada em obra com cal hidratada e preparada em obra com utilização de aditivo incorporador de ar podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 16: resultados da resistência média a compressão axial

Resistência média a compressão axial (MPa)						
idade (dias)	argamassa A ₁		argamassa A ₂		argamassa A ₃	
	Média (MPa)	Desvio (%)	Média (MPa)	Desvio (%)	Média (MPa)	Desvio (%)
7	3,6	3,5	2,1	6,0	5,2	0,0
14	4,5	2,0	2,3	1,0	5,7	3,8
28	4,8	6,0	3,2	5,0	8,9	6,0
60	4,9	6,0	4,4	5,0	9,2	4,7
91	6,0	6,0	4,5	4,0	9,3	2,5

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Aos 28 dias a argamassa preparada com aditivo incorporador de ar apresentou maior resistência, seguida pela argamassa industrializada e por último pela argamassa preparada com cal hidratada. A argamassa que apresentou maior ganho de resistência ao longo do tempo (40%) foi a argamassa confeccionada com cal, pois a contribuição da cal ocorre em maiores idades. A argamassa com aditivo apresentou um ganho de 5% dos 28 aos 91 dias. Este mesmo comportamento quanto ao incremento de carga foi observado por Vieira et al. (2005) onde a argamassa com aditivo apresentou um maior aumento de resistência dos 7 para os 28 dias de idade, seguida pela argamassa industrializada e depois, sem ganhos de resistência a compressão, pela argamassa preparada com cal hidratada.

2.2.2.3 Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos

Esse experimento foi efetuado de acordo com as prescrições da NBR 7222 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), onde foram ensaiados 3 corpos-de-prova de cada argamassa de revestimento por idade de ensaio, no caso 7, 28, 60 e 91 dias.

Foi empregada a mesma prensa hidráulica utilizada no ensaio de resistência à compressão axial que, de acordo com o comportamento anterior, foi aplicada carga continuamente, sem choque, com crescimento constante da tensão compressão no sentido diametral, gerando tensões de tração no interior do corpo-de-prova até sua ruptura, como pode ser observado na Figura 27.



Figura 27: resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova de argamassas

Os resultados da resistência à tração por compressão diametral, para as três argamassas nas diversas idades, ensaiadas conforme recomendado pela norma pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17: resultados da resistência média a tração por compressão diametral

Resistência média a tração por compressão diametral (MPa)						
idade (dias)	argamassa A ₁		argamassa A ₂		argamassa A ₃	
	Média (MPa)	Desvio (%)	Média (MPa)	Desvio (%)	Média (MPa)	Desvio (%)
7	0,62	5,0	0,26	8,0	1,01	13,0
28	0,62	15,0	0,27	8,0	1,08	5,0
60	0,66	8,0	0,47	0,0	1,20	14,0
91	0,88	11,0	0,60	2,0	1,21	14,0

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

As argamassas A₁, A₂ e A₃ apresentaram, respectivamente, em média 70, 45 e 89% do valor das resistências à tração por compressão diametral aos 91 dias, aos 28 dias.

2.2.2.3 Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido

A determinação da densidade de massa aparente das argamassas de revestimento no estado endurecido foi um experimento realizado conforme prescrições da NBR 13280 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

O ensaio foi realizado com os três tipos de argamassas de revestimento na idade de 28 dias e foram ensaiados, por tipo de argamassa, um total de 7 corpos-de-prova, conforme Figura 28.



Figura 28: densidade de massa aparente

Os resultados obtidos durante este experimento podem se analisados na Tabela 18.

Tabela 18: densidade de massa aparente

	Densidade de massa aparente (g/cm ³)					
	argamassa A ₁		argamassa A ₂		argamassa A ₃	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV
Densidade de Massa	1,60	2%	1,82	2%	1,78	2%

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

A argamassa que apresentou maior densidade de massa foi a argamassa confeccionada com cal hidratada, seguindo o mesmo comportamento verificado no estado fresco. Estes resultados eram esperados, pois as demais argamassas possuem aditivo incorporador de ar.

2.2.2.3 Determinação da absorção por capilaridade

Para determinação da absorção por capilaridade das argamassas foi realizado ensaio segundo a norma brasileira, NBR 9779 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,

1995). Foram avaliados um total de 7 corpos-de-prova de cada tipo de argamassa de revestimento com a idade de 28 dias.

Os resultados obtidos segundo o método de ensaio normalizado pela ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19: valores médios de absorção por capilaridade segundo a NBR 9779

tempo (horas)	Absorção por capilaridade (g/cm ²)		
	argamassa 1	argamassa 2	argamassa 3
3	0,22	1,69	0,24
6	0,35	2,22	0,36
24	0,63	2,35	0,55
48	0,84	2,37	0,66
72	0,98	2,38	0,69

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Dentre as argamassas estudadas, a que apresentou pior desempenho quanto à absorção por capilaridade foi a preparada com cal hidratada, que obteve os maiores valores de absorção. Segundo Tristão et al. (2005) as absorções de água tanto por capilaridade quanto por imersão, tendem a aumentar com o aumento da relação água/cimento.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A avaliação final deste estudo foi realizada a partir da organização das informações mais relevantes dos resultados obtidos com a análise de dados dos experimentos em argamassas de revestimento bem como da revisão bibliográfica realizada. Deste modo, buscou-se determinar a influência da temperatura e dos diferentes tipos de substratos nas propriedades mecânicas das argamassas de revestimento, de forma a obter subsídios para especificação de argamassas, a fim de minimizar as diversas manifestações patológicas decorrentes destes fatores.

Assim, para uma melhor organização dos resultados obtidos, as informações foram divididas em itens conforme estudadas no decorrer da pesquisa: corpos-de-prova aplicados sobre substratos e cilíndricos. Para tal, verificou-se as indicações normativas, destacando que a norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), para argamassas de revestimento assentadas sob substrato cerâmico, prescreve uma resistência de aderência à tração superior a 0,3 MPa. Cabe ressaltar que os resultados apresentados a seguir, receberam tratamento estatístico por análise de variância (ANOVA) onde foram verificadas as interações entre as variáveis analisadas bem como seu efeito isolado. A análise de variância foi obtida por meio do Software Statistica 5.0. No anexo B são apresentadas tabelas com todos os valores obtidos nos ensaios em mini-paredes.

5.1 ENSAIOS EM ARGAMASSA: MINI-PAREDES

5.1.1 Verificação da resistência de aderência à tração em mini-paredes

Devido ao grande número de variáveis deste experimento, fez-se a análise estatística dos dados, que verificou a influência dos fatores relacionados à resistência a tração, bem como a interação entre eles. Esta avaliação, que indicou o que é ou não significativo quando se trata

da aderência dos revestimentos, foi realizada através da análise de variância (ANOVA), com um nível de confiança normalmente utilizado na Engenharia Civil, igual a 95%.

Inicialmente foram realizadas duas análises: uma contemplando todos os valores obtidos no ensaio de arrancamento (6 furos) e outra utilizando parte dos dados em que, de acordo com o mapa de arrancamento²⁴, participavam somente os furos que contemplavam valores fora das juntas de assentamento dos blocos. Como todos os grupos estudados, para todas as idades de ensaio, apresentaram no mínimo 4 furos em pontos fora da junta, ou seja, sob substrato, para a análise de variância, considerou-se os resultados de 4 corpos-de-prova. Na existência de um número superior de furos, excluiu-se o de menor valor.

A verificação da influência da região de junta foi necessária, pois segundo diversos estudos da área (Scartezini et al., 2002; Scartezini, 2002; Angelim et al., 2003; Angelim, 2005; entre outros), há diferença nos valores de resistência de aderência quando a amostra é obtida de zonas que contemplem algum tipo de junta, tanto vertical como horizontal.

De posse de todos os dados de resistência de aderência para os 3 tipos de argamassas, os 3 substratos, as 3 temperaturas ($5 \pm 5^\circ\text{C}$, $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $40 \pm 5^\circ\text{C}$), as seis posições dos corpos-de-prova e as 4 idades de ensaio (28, 60, 91 e 120 dias), realizou-se a análise de variância, a qual é mostrada na

Tabela 20.

²⁴ Estes dados podem ser observados em planilhas do anexo B

Tabela 20: análise de variância dos resultados da resistência de aderência das argamassas considerando os resultados obtidos nas juntas de assentamento

Fatores	SQ	GDL	MQ	Test F	p-value	Significância
temperatura	0,7356	2	0,015449	47,6164	0,0000	S
substrato	0,23325	2	0,015449	15,0983	0,0000	S
argamassa	1,02262	2	0,015449	66,1951	0,0000	S
idade	0,69766	3	0,015449	45,1605	0,0000	S
posição	0,68732	5	0,015449	44,491	0,0000	S
temperatura x substrato	0,11448	4	0,015449	7,41016	0,0000	S
temperatura x argamassa	0,10095	4	0,015449	6,53444	0,0000	S
substrato x argamassa	0,06983	4	0,015449	4,52048	0,0013	S
temperatura x idade	0,01872	6	0,015449	1,21164	0,2985	NS
substrato x idade	0,01923	6	0,015449	1,24464	0,2817	NS
argamassa x idade	0,01109	6	0,015449	0,71786	0,6353	NS
temperatura x posição	0,01967	10	0,015449	1,27335	0,2421	NS
substrato x posição	0,01196	10	0,015449	0,77388	0,6542	NS
argamassa x posição	0,04843	10	0,015449	3,13494	0,0007	S
idade x posição	0,02639	15	0,015449	1,70808	0,0456	S
Erro	558					
Total	3,817189					

GDL – graus de liberdade; MQ – média quadrada; SQ – soma quadrada
 Teste F = MQS/MQR (média quadrada do grupo/média quadrada do erro);
 p-value = probabilidade – distribuição t de Student;
 S – significativo; NS – não significativo

Conforme se observa na análise de variância, todos os efeitos isolados mostraram-se significativos estatisticamente na resistência de aderência das argamassas, incluso a posição dos furos, ou seja, na junta de assentamento ou no bloco cerâmico. A Figura 29 mostra o efeito isolado da influência da posição dos furos na resistência de aderência das argamassas.

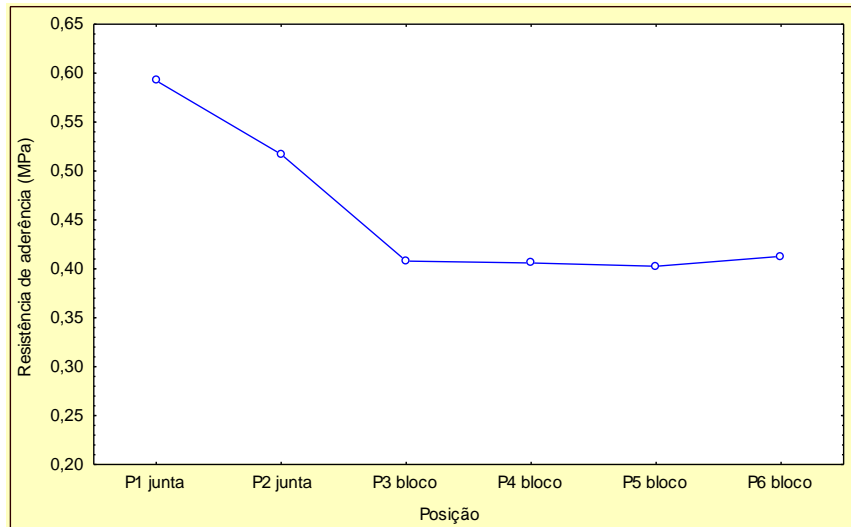


Figura 29: efeito isolado da posição dos furos na resistência de aderência das argamassas

Os pontos P₁ e P₂ representam os valores de resistência de aderência obtidos sobre a junta de assentamento dos blocos, e conforme a Figura 29, nota-se que estes apresentam uma alta significância.

Desta forma, como este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho das argamassas quando aplicadas nos diferentes substratos, julgou-se adequado desconsiderar os valores de resistência de aderência obtidos nas juntas de assentamento²⁵. Então, a partir da exclusão destes resultados, foi realizada uma nova análise de variância, considerando as 4 posições localizadas sob substrato, conforme Tabela 21.

²⁵ Conforme definido no programa experimental, normalmente, das seis repetições de ensaio por grupo a cada idade, 2 contemplavam juntas de assentamento e 4 estavam sobre o substrato.

Tabela 21: análise de variância dos resultados da resistência de aderência das argamassas desconsiderando os resultados obtidos nas juntas de assentamento

Fatores	SQ	GDL	MQ	Test F	Valor-p	Significância
temperatura	0,39495	2	0,010509	37,5804	0,0000	S
substrato	0,09514	2	0,010509	9,05278	0,0001	S
argamassa	0,5541	2	0,010509	52,7249	0,0000	S
idade	0,37112	3	0,010509	35,313	0,0000	S
posição	0,00194	3	0,010509	0,1845	0,9069	NS
temperatura x substrato	0,08013	4	0,010509	7,62495	0,0000	S
temperatura x argamassa	0,0584	4	0,010509	5,55676	0,0002	S
substrato x argamassa	0,07186	4	0,010509	6,83738	0,0000	S
temperatura x idade	0,01415	6	0,010509	1,34604	0,2358	NS
substrato x idade	0,01046	6	0,010509	0,9954	0,4281	NS
argamassa x idade	0,00677	6	0,010509	0,64422	0,6948	NS
temperatura x posição	0,01311	6	0,010509	1,24758	0,2812	NS
substrato x posição	0,00594	6	0,010509	0,56551	0,7578	NS
argamassa x posição	0,01419	6	0,010509	1,35045	0,2339	NS
idade x posição	0,01355	9	0,010509	1,2895	0,2409	NS
Erro	362					
Total	1,70581					

Nota-se, de acordo com a segunda análise de variância, que desconsiderando os valores que contemplam áreas de juntas, não há significância quanto à posição, concluindo que existe diferença significativa entre resultados sobre a junta ou fora delas, comprovando estudos anteriores (Scartezini et al., 2002; Scartezini, 2002; Angelim et al., 2003; Angelim, 2005; entre outros).

Como os resultados de resistência de aderência à tração, desconsiderando os valores obtidos nas juntas, não apresentam significância, foi realizada uma nova análise de variância excluindo-se a variável posição os furos, conforme Tabela 22. Destaca-se que os dados de resistência de aderência à tração oriundos da área sem junta (substrato) por não serem estatisticamente significativos, equivalem a quatro repetições que podem ser representadas pelos valores médios obtidos no ensaio experimental. Desta forma, todos os demais dados analisados contemplam essa verificação.

Tabela 22: análise de variância para os resultados de resistência de aderência

Fatores	SQ	GDL	MQ	Test F	p-value	Significância
temperatura	0,7413	2	0,3706	32,1800	0,0000	S
substrato	0,1513	2	0,0756	6,5700	0,0016	S
argamassa	1,1312	2	0,5656	49,1100	0,0000	S
idade	1,2179	3	0,4060	35,2500	0,0000	S
temperatura x substrato	0,3065	4	0,0766	6,6500	0,0000	S
temperatura x argamassa	0,1933	4	0,0483	4,2000	0,0024	S
temperatura x idade	0,0622	6	0,0104	0,9000	0,4948	NS
substrato x argamassa	0,2879	4	0,0720	6,2500	0,0001	S
substrato x idade	0,0780	6	0,0130	1,1300	0,3447	NS
argamassa x idade	0,0445	6	0,0074	0,6400	0,6949	NS
Residual	4,51436	392	0,0115162			
Total	8,7283	431				

Conforme Tabela 22, o efeito isolado da temperatura de cura, do nível de absorção do substrato, do tipo de argamassa de revestimento e da idade de ensaio, bem como o efeito conjunto da temperatura de cura x nível de absorção do substrato; temperatura de cura x tipo de argamassa de revestimento e nível de absorção do substrato x tipo de argamassa, são estatisticamente significativos ao nível de confiança de 95%. Scartezini, 2003; Carasek et al., 2001; Taube et al., 2003; entre outros também relatam que o tipo de substrato e o tipo de cura, bem como o tipo de argamassa utilizada influenciam significativamente na resistência de aderência das argamassas. Desta forma, nos próximos itens, estes efeitos serão analisados e discutidos pontualmente.

2.2.2.3 Desempenho das argamassas de revestimento do ponto de vista de aderência

Na Figura 30, onde mostra os níveis de resistência de aderência da argamassa A₁ (argamassa industrializada) nos diversos blocos para as temperaturas de cura nas idades de 28, 60, 91 e 120 dias, é possível concluir que este tipo de argamassa se mostrou mais eficaz quando curada em temperatura intermediária (23±5°C) para todos os tipos de blocos utilizados, conforme verificado na análise de variância. Esta temperatura provavelmente se mostrou mais eficiente, pois não propicia rápida evaporação de água, nem tão pouco retarda as reações pela baixa temperatura.

Nota-se que somente para essa temperatura de cura (T_2), a resistência de aderência em todas as idades e para todos os substratos analisados, cumpriu a exigência de resistência de aderência à tração superior a 0,3 MPa conforme especificação da norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995). Quanto a esse quesito, a cura em temperatura elevada apresentou pior desempenho. Para os substratos de nível absorção baixo (S_1) e intermediário (S_2), a argamassa A_1 atingiu a resistência mínima (0,3 MPa) somente aos 120 dias de idade, enquanto que para o substrato de alto nível de absorção essa resistência só não foi obtida aos 28 dias. Para as demais idades (60, 91 e 120 dias), esta ficou muito próxima a 0,3MPa.

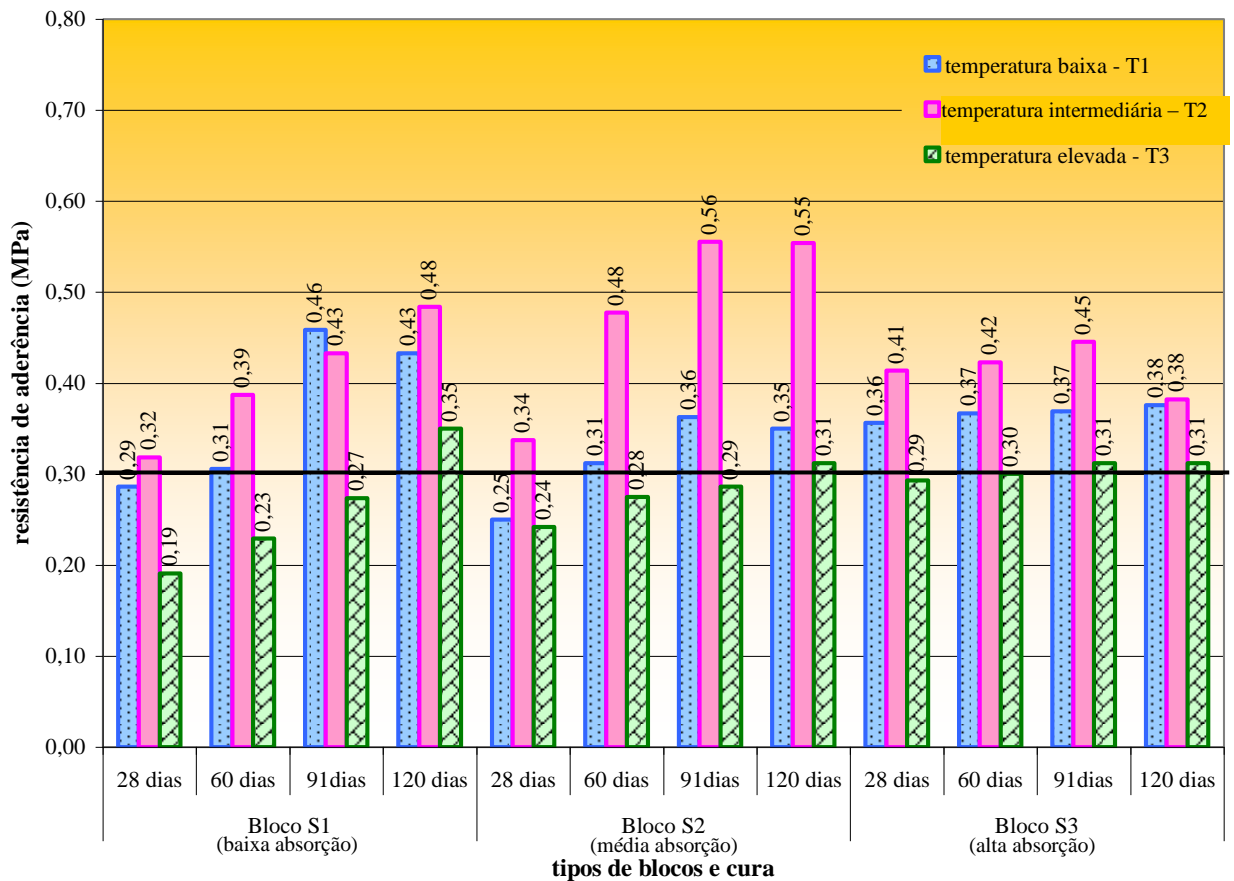


Figura 30: resistência de aderência ao longo do tempo - argamassa A_1

Pode-se afirmar que a argamassa industrializada (A_1), que apresentou melhores índices de resistência de aderência à tração, mostrou-se mais eficiente quando aplicada ao substrato com absorção de água intermediária, no caso o bloco S_2 .

O desempenho pouco satisfatório da argamassa A_1 pode ser decorrente da rápida evaporação de água de mistura causada pela alta temperatura de cura a qual acelera o processo de evaporação não permitindo a completa hidratação de todos os componentes da argamassa, bem como a formação das agulhas de etringita, responsáveis pela aderência entre a argamassa e o substrato. Segundo Carasek (1996) a aderência é decorrente do intertravamento de cristais de etringita no interior dos poros do substrato.

A rápida evaporação provavelmente se dá pela ausência ou ineficiência do retentor de água, utilizado na formulação da argamassa industrializada. A incerteza quanto à presença ou não deste aditivo ou quanto ao seu desempenho pode ser atribuída ao desconhecimento dos materiais que compõem as argamassas industrializadas, uma vez que os fabricantes deste tipo de argamassa fornecem somente as características químicas do produto final da argamassa.

Na Figura 31 podem ser visualizados os valores de resistência de aderência para a argamassa A_2 (argamassa preparada em obra com cal hidratada).

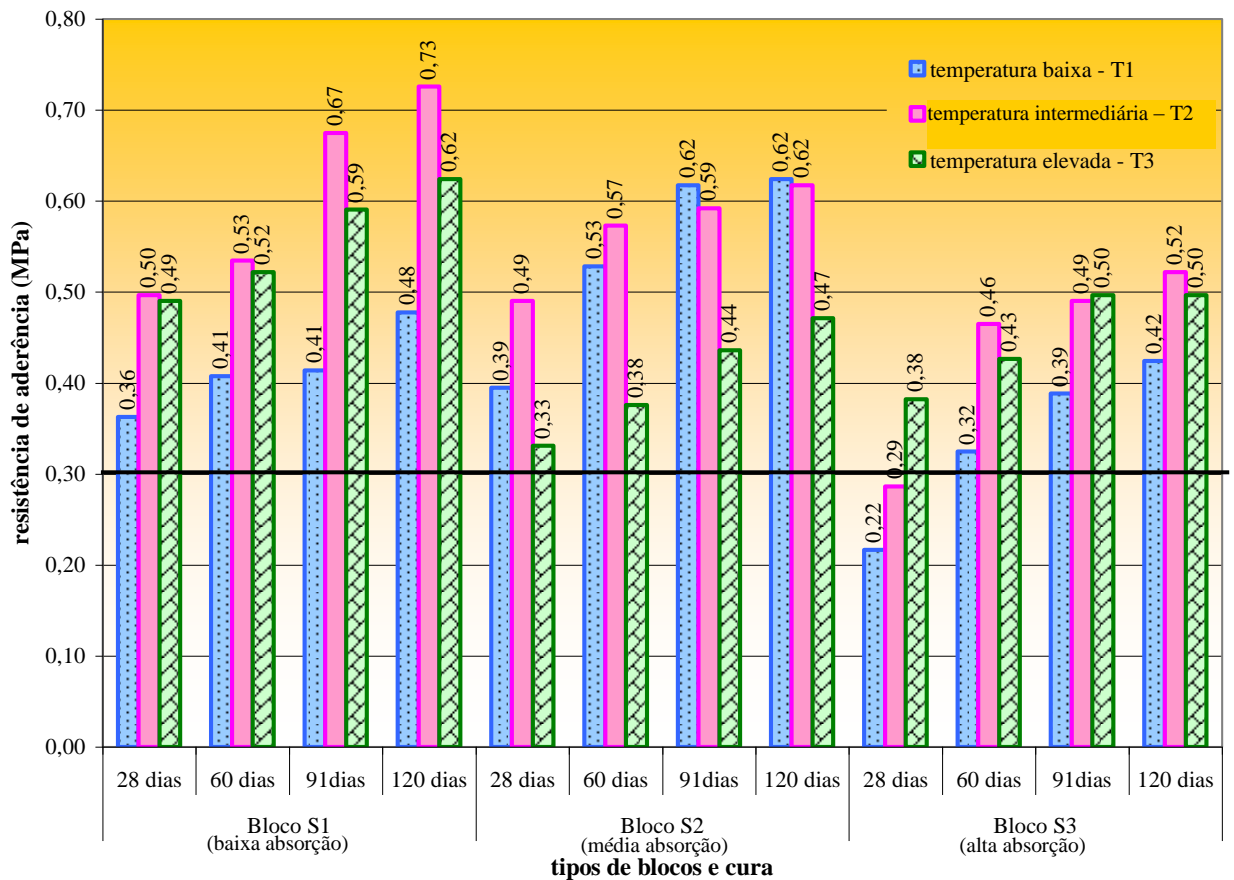


Figura 31: resistência de aderência ao longo do tempo – argamassa A₂

Na Figura 31 pode-se observar que, ao contrário da argamassa A₁ (argamassa industrializada), o bloco que apresenta melhores resultados de resistência de aderência quando a ele é aplicada à argamassa mista com cal hidratada, é o que possui menores valores de absorção de água (S₁), ou seja, bloco de absorção inferior em relação aos demais blocos. Em contrapartida, e confirmando o que foi analisado para a argamassa A₁, o tipo de cura que se mostrou mais eficiente em quase todas situações para argamassa A₂ foi a cura em câmara climatizada com temperatura intermediária (23±5°C).

Quanto à especificação da norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), para o nível mínimo de resistência de aderência à tração, somente a argamassa aplicada sob substrato com alto índice de absorção de água (S₃) na idade de 28 dias com cura em temperatura intermediária e baixa se mostrou insatisfatória, apresentando desempenho geral superior ao da argamassa A₁. O bom comportamento apresentado de uma forma geral é oriundo dos benefícios provenientes do uso da cal hidratada na composição da

mistura, conforme indicam Tristão (1995); Carasek (1996); Guimarães (1997) entre outros autores. A cal melhora a trabalhabilidade da mistura, maior plasticidade, maior extensão de aderência, maior retenção de água, melhor preenchimento de vazios, evita a brusca retração por secagem e conseqüentemente contribui na resistência de aderência e na redução de fissuras no revestimento.

A Figura 32 apresenta os valores de resistência de aderência para a argamassa A₃ (argamassa com aditivo incorporador de ar).

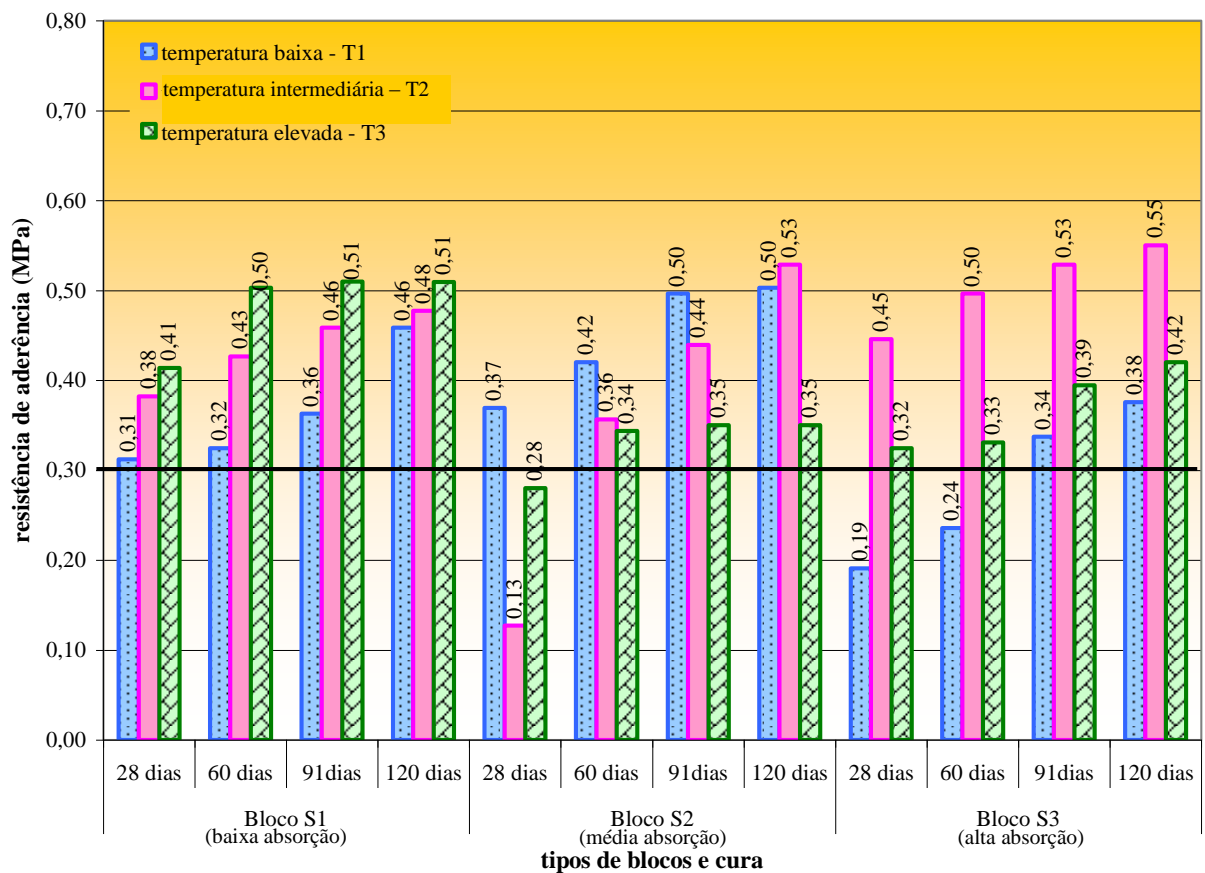


Figura 32: resistência de aderência ao longo do tempo – argamassa A₃

Para a argamassa A₃, quanto ao desempenho mecânico de aderência, o produto que teve melhor êxito foi a combinação entre esta argamassa, o substrato com alto índice de absorção de água (S₃) e a temperatura de cura intermediária (T₂). Esta combinação aos 60 dias obteve resultados superior e semelhante aos blocos S₁ e S₂ na idade de 120 dias, respectivamente.

Observa-se que somente o substrato de nível inferior de absorção (S_1), quando a ele aplicada à argamassa A_3 , em todas as idades e temperaturas de cura satisfaz a condição da norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) quanto à resistência mínima de aderência à tração (0,3 MPa). Para os demais substratos, notam-se comportamentos divergentes à especificação da norma.

Para o substrato S_2 (nível de absorção intermediário) a resistência de aderência de 0,3 MPa não é atingida nas temperaturas T_2 (temperatura intermediária) e T_3 (temperatura alta) aos 28 dias de idade e para o substrato S_3 essa resistência é inferior aos 28 e 60 dias para a cura em temperatura baixa (T_1). Carazek (1996) destaca pesquisas onde revela que substratos com alto índice de absorção e argamassas com baixo teor de cimento apresentam menores valores de resistência de aderência. Esse comportamento pode ocorrer devido ao tipo de aditivo empregado, pois a autora ressalta que a utilização de material que incorpora bolhas de ar irregulares e grandes prejudica a resistência de aderência à tração.

Como nos outros tipos de revestimentos, a cura em câmara climatizada com temperatura média se mostrou muito eficiente, mas para o bloco S_2 com teor de absorção de água mediano a cura com temperatura baixa apresentou maiores valores de aderência do revestimento à base. Em se tratando do bloco S_1 , a cura com temperatura elevada (T_3) apresentou maiores valores de resistência de aderência. A combinação deste tipo de argamassa aplicada ao substrato S_2 , curada em temperatura intermediária (T_2), apresentou os piores resultados de aderência quando comparado aos outros tipos de cura aos 28 dias. Em relação às outras temperaturas de cura ao longo do tempo esta combinação mostrou uma melhora finalizando os 120 dias com uma resistência entre os índices mais elevados.

2.2.2.3 Incremento de carga das argamassas de revestimento do ponto de vista de aderência

Para a verificação do incremento de carga das argamassas ao longo do tempo, designou-se a resistência de aderência obtida aos 28 dias de idade como 100%. Esse quesito foi adotado por esta ser a idade padrão indicada pela maioria das normas técnicas vigentes.

A Figura 33, a Figura 34 e a Figura 35 mostram o incremento de resistência de aderência das argamassas A_1 , A_2 e A_3 (industrializada, produzida em obra com cal hidratada e produzida em

obra com aditivo incorporador de ar, respectivamente), quando curadas à temperatura baixa, intermediária e alta, respectivamente.

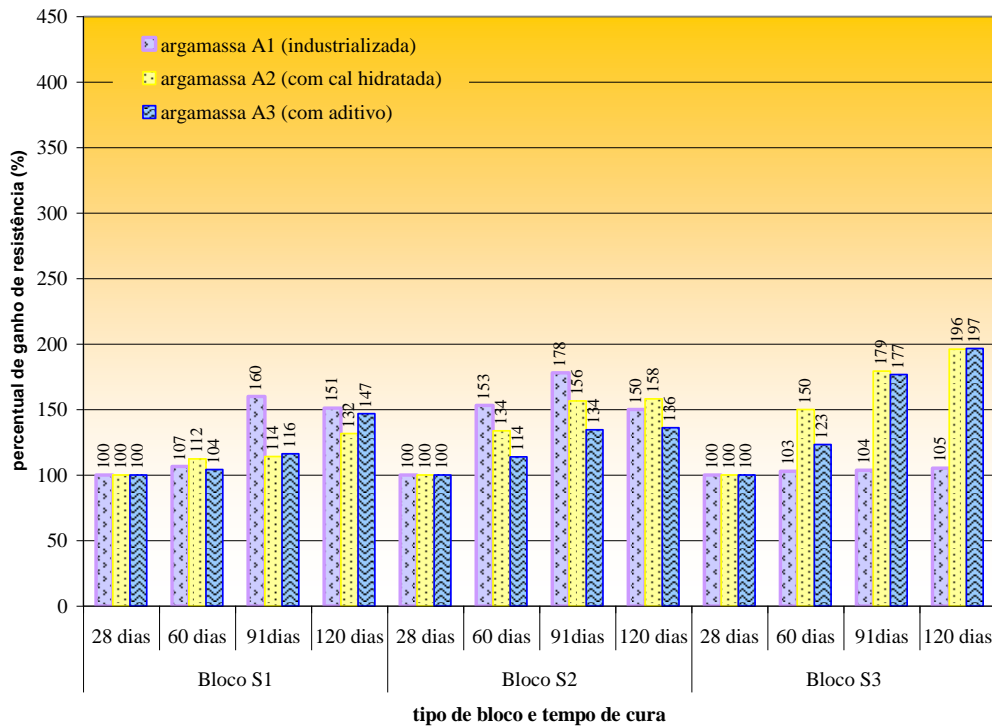


Figura 33: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T₁ (temperatura baixa)

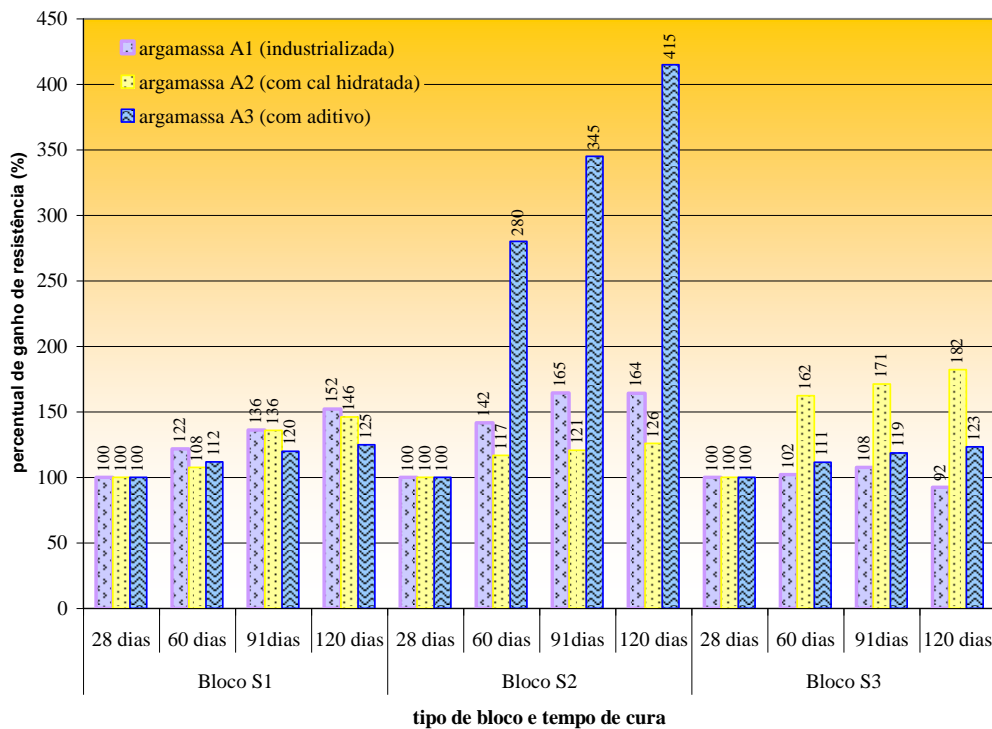


Figura 34: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T_2 (temperatura intermediária)

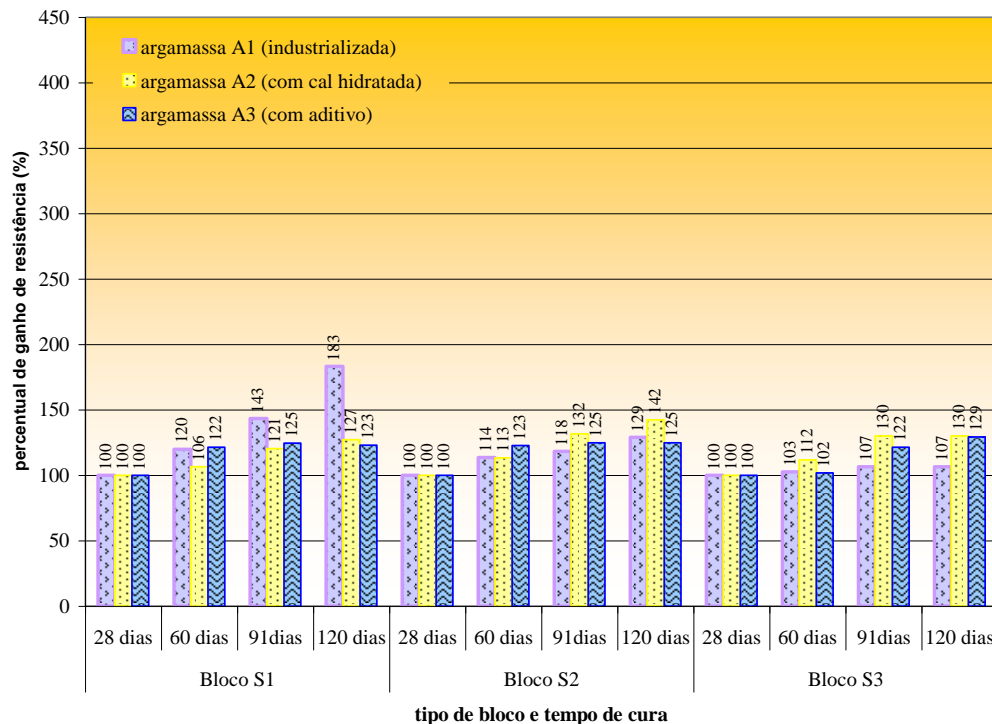


Figura 35: incremento de carga ao longo do tempo - temperatura T_3 (temperatura alta)

Para a temperatura de cura T_1 (baixa) e substrato S_1 (absorção inferior) nota-se que o incremento de carga dos 28 aos 120 dias foi de 51, 23 e 47%, e dos 91 aos 120 dias, foi de -9, 18 e 31% para as argamassas A_1 , A_2 e A_3 , respectivamente. Esse decréscimo de carga pode ter ocorrido, provavelmente por alguma variabilidade do ensaio, falha no momento do corte da amostra ou durante a aplicação do revestimento.

Observa-se que a argamassa A_1 , quando aplicada ao substrato S_3 (alta absorção), apresenta um pequeno incremento de carga dos 28 aos 91, bem como, dos 91 aos 120 dias. Em geral, o pequeno acréscimo de carga dos 91 aos 120 dias, pode ser verificado para praticamente todas as combinações de estudo. A Tabela 23 apresenta os demais resultados dos acréscimos de carga para todas as temperaturas e substratos estudados.

Tabela 23: análise do incremento de carga para a resistência de aderência

Temperatura	Substrato	Idade	Incremento de carga (%)		
			A ₁	A ₂	A ₃
T ₁	S ₁	28 aos 91	60	14	16
		91 aos 120	-9	18	31
		28 aos 120	51	32	47
	S ₂	28 aos 91	78	56	34
		91 aos 120	-28	2	2
		28 aos 120	50	58	36
	S ₃	28 aos 91	4	79	77
		91 aos 120	1	17	20
		28 aos 120	5	96	97
T ₂	S ₁	28 aos 91	36	36	20
		91 aos 120	16	10	5
		28 aos 120	52	46	25
	S ₂	28 aos 91	65	21	245
		91 aos 120	-1	5	70
		28 aos 120	64	26	315
	S ₃	28 aos 91	8	71	19
		91 aos 120	-16	11	4
		28 aos 120	-8	82	23
T ₃	S ₁	28 aos 91	43	21	25
		91 aos 120	40	6	-2
		28 aos 120	83	27	23
	S ₂	28 aos 91	18	32	25
		91 aos 120	11	10	0
		28 aos 120	29	42	25
	S ₃	28 aos 91	7	30	22
		91 aos 120	0	0	7
		28 aos 120	7	30	29

O melhor desempenho quanto ao ganho de resistência ao longo do tempo, para todas as argamassas curadas em temperaturas T₁ (baixa) e T₂ (intermediária), ocorre com a aplicação da argamassa em bloco cerâmico com nível intermediário de absorção de água (S₂). Para a temperatura T₃ (alta) essa verificação se dá para o substrato com menor índice de absorção de água, ou seja, S₁. Isso provavelmente ocorre por este ser um ambiente com temperatura elevada que tende a gerar alta evaporação da água de amassamento da argamassa. O substrato, por apresentar baixo índice de absorção, não exige grande quantidade desta água, e assim equilibra o consumo da mesma permitindo a hidratação completa dos componentes.

Outro ponto a salientar é o comportamento observado na argamassa A_3 (com aditivo) quando aplicada ao substrato S_2 e curada em temperatura intermediária. Este apresentou incrementos de carga bastante elevados, chegando a ser superior a 300% dos 28 aos 120 dias de idade.

2.2.2.3 Efeito isolado das variáveis de análise na resistência de aderência à tração

Conforme resposta do programa Statistica, mostrado na Tabela 22, diversos fatores exercem influência no processo de aderência das argamassas ao substrato. Nota-se que isoladamente, todas as variáveis analisadas são significativas, quais sejam: a temperatura de cura da argamassa, o tipo de substrato a que será aplicada, o tipo de argamassa de revestimento e ainda sua idade.

Na Figura 36 observa-se o efeito isolado da temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas. Verifica-se que a cura na temperatura intermediária (T_2) propicia maiores valores de resistência de aderência da argamassa ao substrato, enquanto que as resistências para as temperaturas baixa (T_1) e alta (T_3) apresentam aproximadamente a mesma média. Tal fato confirma o que foi descrito anteriormente, na análise das figuras 28, 29 e 30, ou seja, que é uma temperatura que não propicia evaporação de água da argamassa de forma muito rápida.

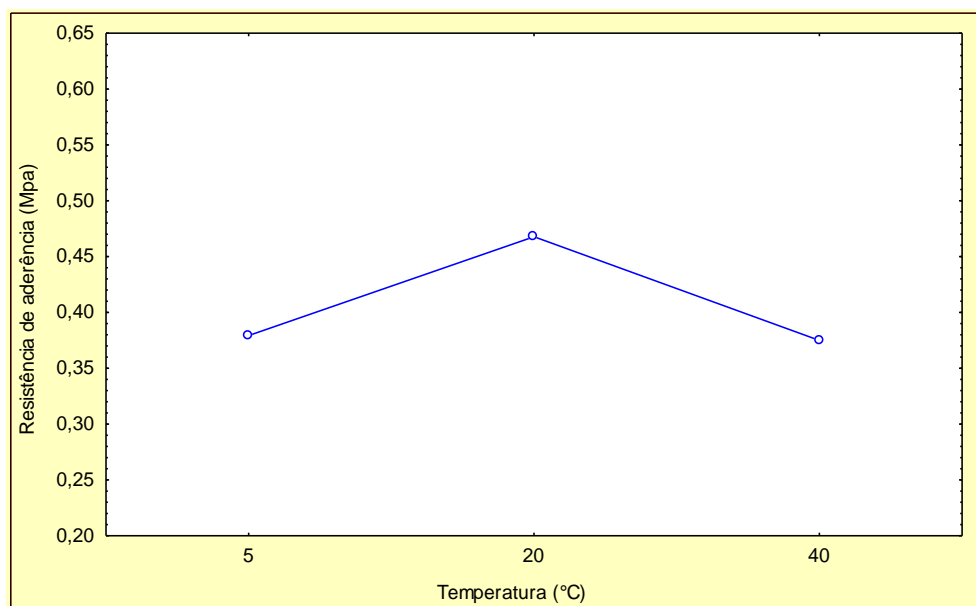


Figura 36: efeito isolado da temperatura na resistência de aderência das argamassas

Analisando o efeito isolado da temperatura (Figura 36) e os resultados da análise de desempenho (Figuras 29 a 31), na qual a temperatura intermediária (T_2) apresenta melhores resultados, verifica-se que para cada tipo de argamassa o melhor desempenho se deu em substratos de diferentes níveis de absorção de água: temperatura alta, índice de absorção baixo; temperatura intermediária, o índice de absorção é indiferente e temperatura baixa, índice de absorção intermediário. Desta forma, quanto à resistência de aderência, percebe-se que a temperatura de cura e o nível de absorção do substrato apresentam tendência inversamente proporcional. Tal fato pode ser relacionado à influência da temperatura de cura na velocidade de evaporação da água de amassamento da argamassa: quando alta, evaporação rápida; quando baixa, evaporação lenta ou alta capacidade de retenção de água da argamassa.

A partir dos dados observados, pode-se dizer que a temperatura de cura exerce grande influência na resistência de aderência, exigindo cautela na execução de ensaios em argamassa de revestimento. Outro ponto a salientar é quanto ao cuidado ao definir correlações, ou ainda, generalização de estudos em argamassa, principalmente em nível de Brasil, pois este apresenta grandes variações climáticas e uma extensa variedade de materiais ao longo de seu território.

Observa-se na Figura 37 o efeito isolado do índice de absorção do substrato na resistência de aderência das argamassas. De uma forma geral, aos blocos de mais baixa absorção de água correspondem maiores resistências de aderência. Embora a análise de variância tenha indicado que exista uma diferença significativa entre os índices de absorção, esta se mostrou bastante fraca, principalmente entre os índices baixo (S_1) e intermediário (S_2) e intermediário (S_2) e alto (S_3).

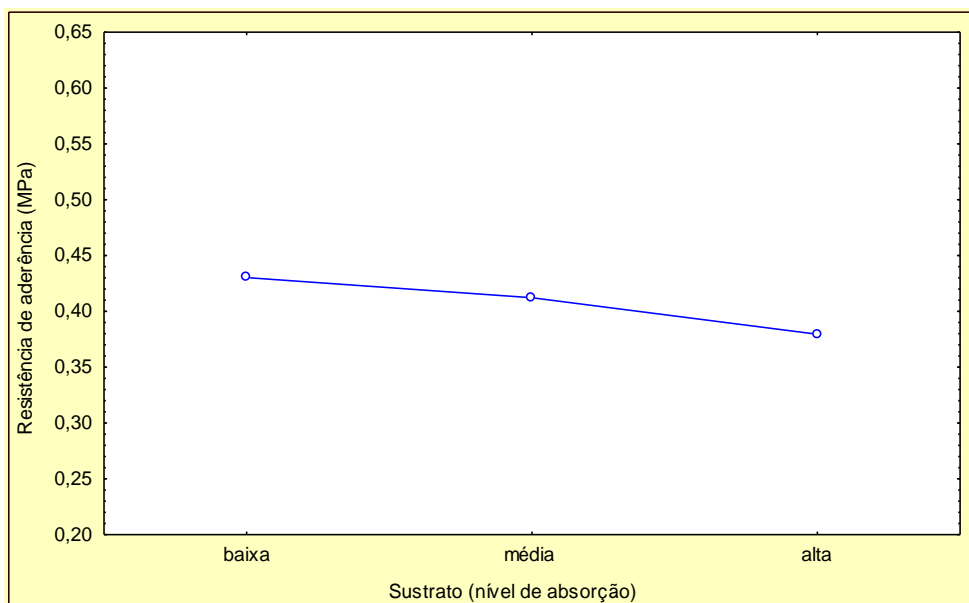


Figura 37: efeito isolado da absorção do substrato na resistência de aderência das argamassas

Conforme verificações anteriores, mesmo sendo o efeito isolado fraco, este em combinação com a temperatura de cura indica alterações na resistência de aderência das argamassas. Um estudo mais aprofundado poderia confirmar estas relações e buscar o entendimento da influência da dimensão dos poros da base na ligação substrato argamassa. Este estudo poderia ser feito por meio de intrusão de mercúrio, permeabilidade a gases ou ainda estudos de microscopia eletrônica, que não foram objetos desta dissertação.

O efeito isolado do tipo de argamassa de revestimento na resistência de aderência pode ser observado na Figura 38. Verifica-se uma significância bastante forte entre os tipos de argamassas, sendo que a argamassa com cal hidratada (A_2), apresenta os maiores valores de resistência de aderência, seguida pela mistura com aditivo incorporador de ar (A_3) e depois pela industrializada (A_1).

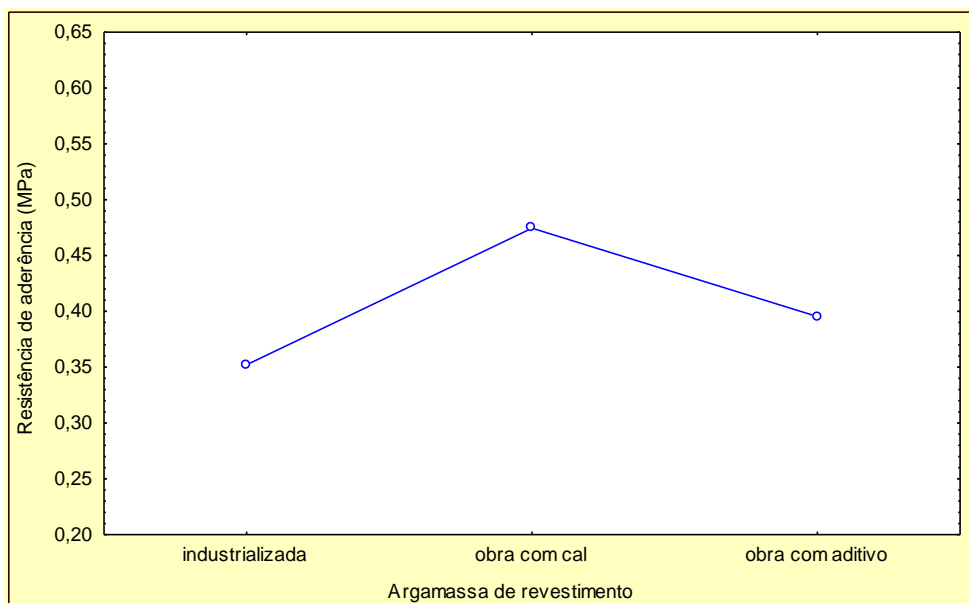


Figura 38: efeito isolado do tipo de argamassa na resistência de aderência das argamassas.

A análise do efeito isolado da idade de ensaio na resistência de aderência das argamassas (Figura 39) indica que dos 28 para 60 e dos 60 para 91 dias, há um incremento considerável de resistência. Em contrapartida, dos 91 para 120 dias esse aumento não se mostra tão expressivo, pois neste intervalo de tempo a curva de resistência de aderência entra em processo de atenuação. Tal fato é importante, pois na tomada de decisão do planejamento do programa experimental essa informação pode ser usada para avaliar o tempo de execução de ensaio. Neste caso, devido ao pequeno incremento de resistência dos 91 para 120 dias, não seria necessário o desenvolvimento desse ensaio até a última idade porque as demais estariam representando o comportamento da resistência de aderência frente as variáveis estudadas. Este fato se deve às argamassas sem cal terem quase a totalidade de seus grãos hidratando em idades mais baixas, e no caso das argamassas preparadas com cal hidratada, aos 91 dias já há contribuição desta na resistência de aderência de argamassas conforme pode ser visto nos resultados obtidos.

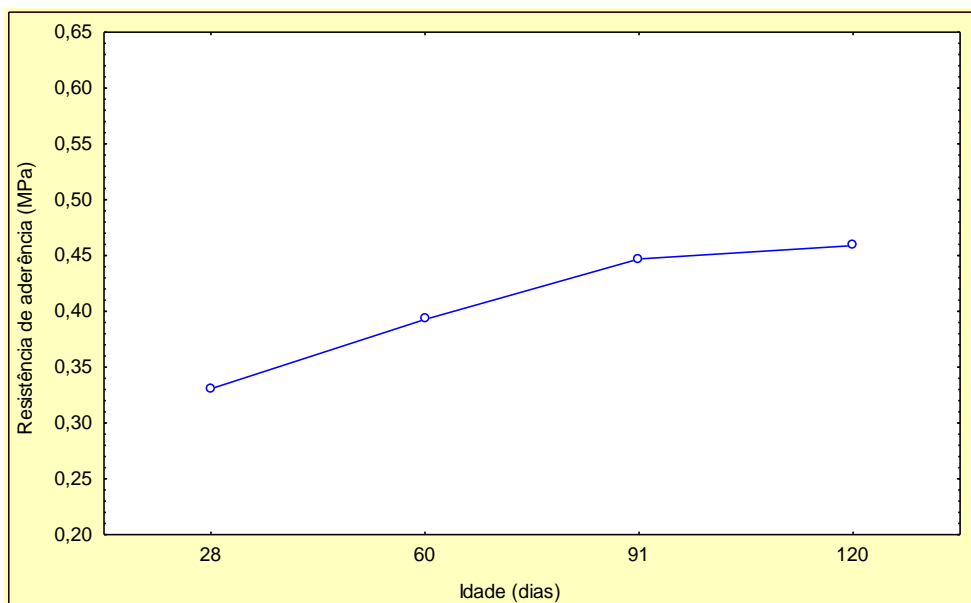
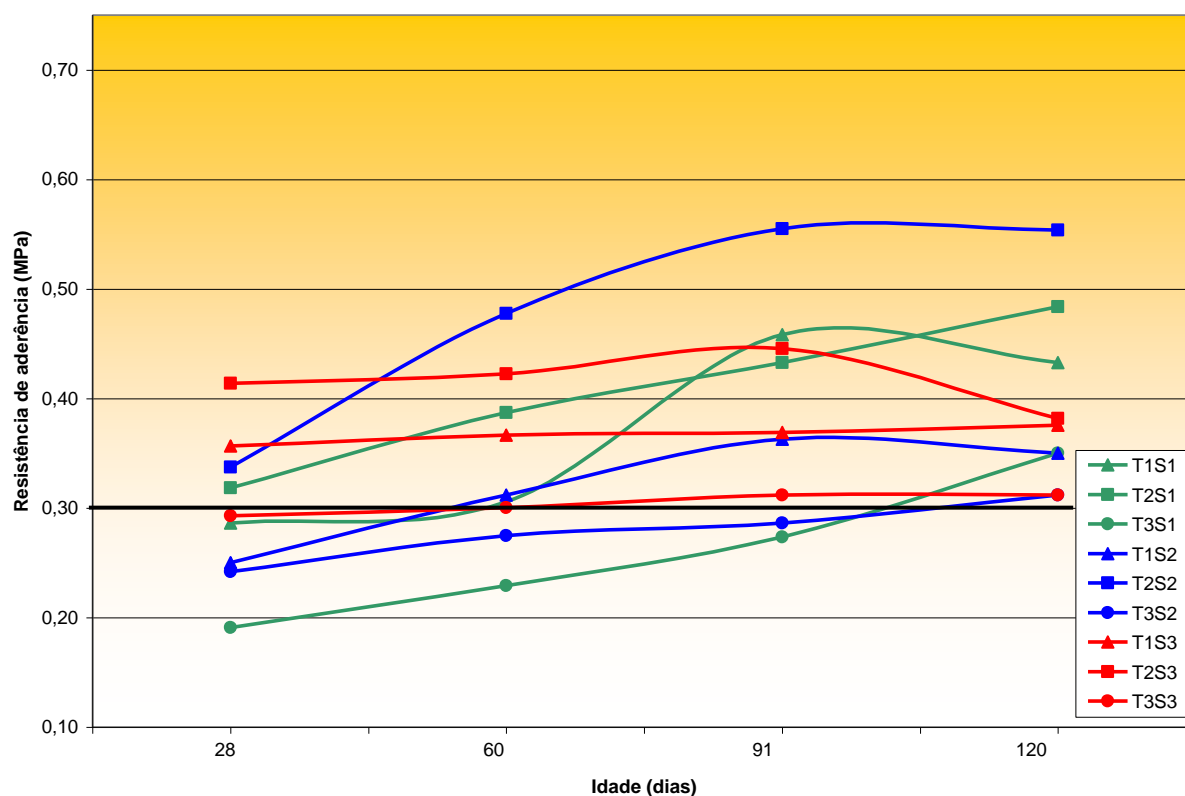


Figura 39: efeito isolado da idade na resistência de aderência das argamassas

2.2.2.3 Interação Temperatura x Substrato

A Figura 40 apresenta a relação temperatura x substrato da argamassa A_1 (industrializada) para resultados de resistência de aderência obtidos em todas as idades de ensaio.

Analisando quanto ao tipo de argamassa, ou seja, verificando a interação temperatura x substrato, para a argamassa A_1 , a combinação T_2S_2 (temperatura e absorção do substrato intermediárias) apresentou maior valor de resistência e a interação T_3S_1 (temperatura alta e absorção inferior) apresentou o pior desempenho frente às demais. Outro ponto a analisar é o incremento de carga que ocorreu para essa interação, dos 28 aos 120 dias houve um acréscimo na resistência de 61,77%. Para o substrato S_3 o incremento de resistência ao longo do tempo de ensaio foi bastante reduzido, em torno de 0,02 MPa, mostrando-se pouco relevante.



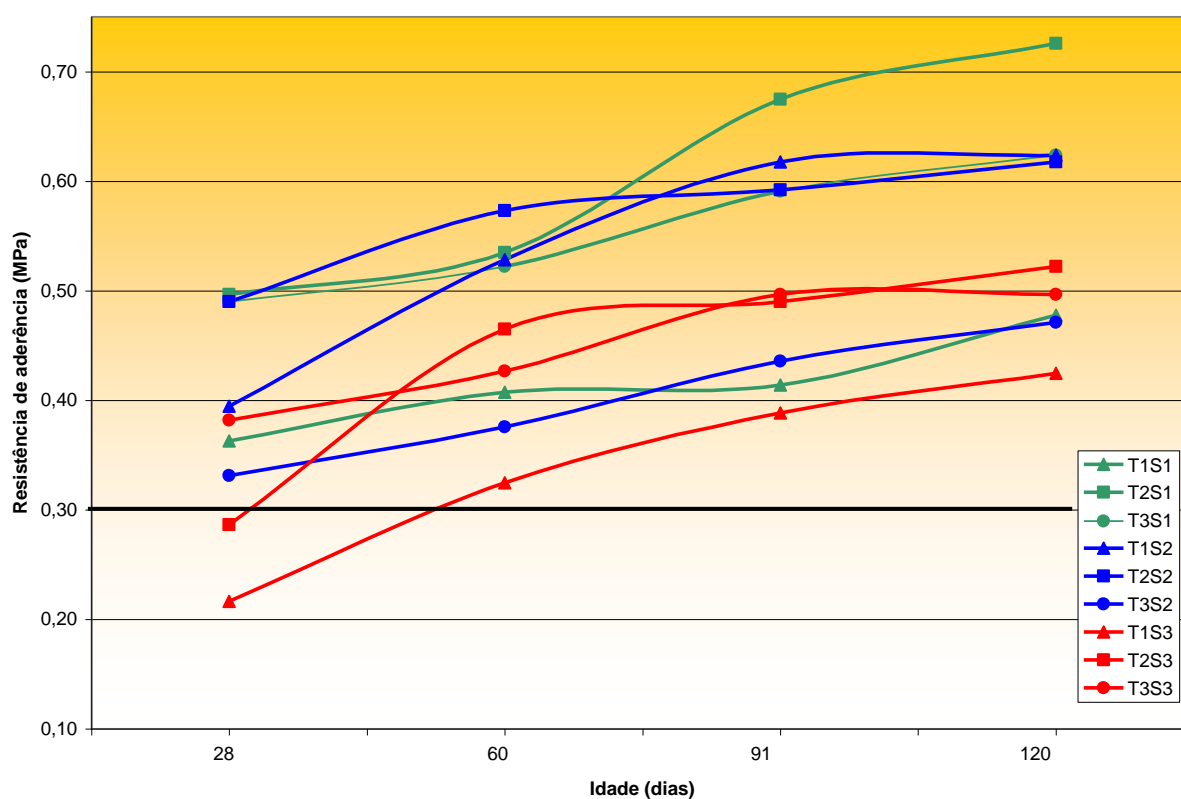
S_1 – absorção baixa T_1 – temperatura baixa
 S_2 – absorção intermediária T_2 – temperatura intermediária
 S_3 – absorção alta T_3 – temperatura alta

Figura 40: resistência de aderência – argamassa A_1 (industrializada)

A temperatura intermediária (T_2), para todos os substratos estudados durante essa pesquisa, quando revestidos com argamassa A_1 (industrializada), se mostra mais eficiente às outras. Já a cura na temperatura T_3 , apresentou, também para todos os índices de absorção de água do substrato, os valores inferiores de resistência de aderência, sendo que até a idade de 28 dias nenhum dos blocos satisfaz o requisito mínimo recomendado por norma (0,3 MPa). Aos 60 e 91 dias somente a combinação T_3S_3 atingiu tal resistência. Portanto, esta argamassa não seria adequada para uma temperatura superior (T_3), enquanto que para a temperatura T_2 , o contrário é indicado.

A Figura 41 apresenta a interação entre temperatura x substrato da argamassa A_2 (com cal hidratada). Pode-se observar que os substratos S_1 (baixa absorção) e S_2 (intermediária absorção), para a temperatura intermediária (T_2), apresentam melhor desempenho quanto à aderência. Outro ponto a observar é que, para as idades mais avançadas, o maior valor de resistência de aderência ocorre com a temperatura T_2 e o substrato S_1 , reafirmando o que já foi salientado nos itens anteriores quanto ao elevado desempenho da temperatura média. O menor

desempenho quanto a valor de resistência de aderência, em todas as medições realizadas, é conferido à interação T_1S_3 , mostrando que a combinação temperatura baixa e substrato com alto índice de absorção de água é pouco indicada. Provavelmente a água de amassamento é absorvida pelo bloco e como a temperatura de cura é mais baixa e as reações se dão de forma mais lenta, não se formam as agulhas de aderência responsáveis pela micro aderência. Observa-se também que para esse tipo de argamassa, a maioria das combinações atingiram a resistência mínima especificada por norma aos 28 dias de idade, exceto as combinações T_1S_3 e T_2S_3 .



S_1 – absorção baixa T_1 – temperatura baixa
 S_2 – absorção intermediária T_2 – temperatura intermediária
 S_3 – absorção alta T_3 – temperatura alta

Figura 41: resistência de aderência – argamassa A_2 (preparada em obra com cal)

Para a argamassa A_3 (preparada em obra com aditivo), a Figura 42 apresenta a interação entre temperatura e substrato, onde verifica-se que o maior índice de resistência de aderência foi apresentado pelo conjunto T_2S_3 (temperatura intermediária e absorção alta) o qual conferiu maior valor de resistência, mas em questão de incremento de carga ao longo do tempo foi o

menor índice. A interação que apresentou maior acréscimo e carga, 407%, foi a T_2S_2 , apontando novamente a temperatura T_2 como a melhor para cura de argamassas.

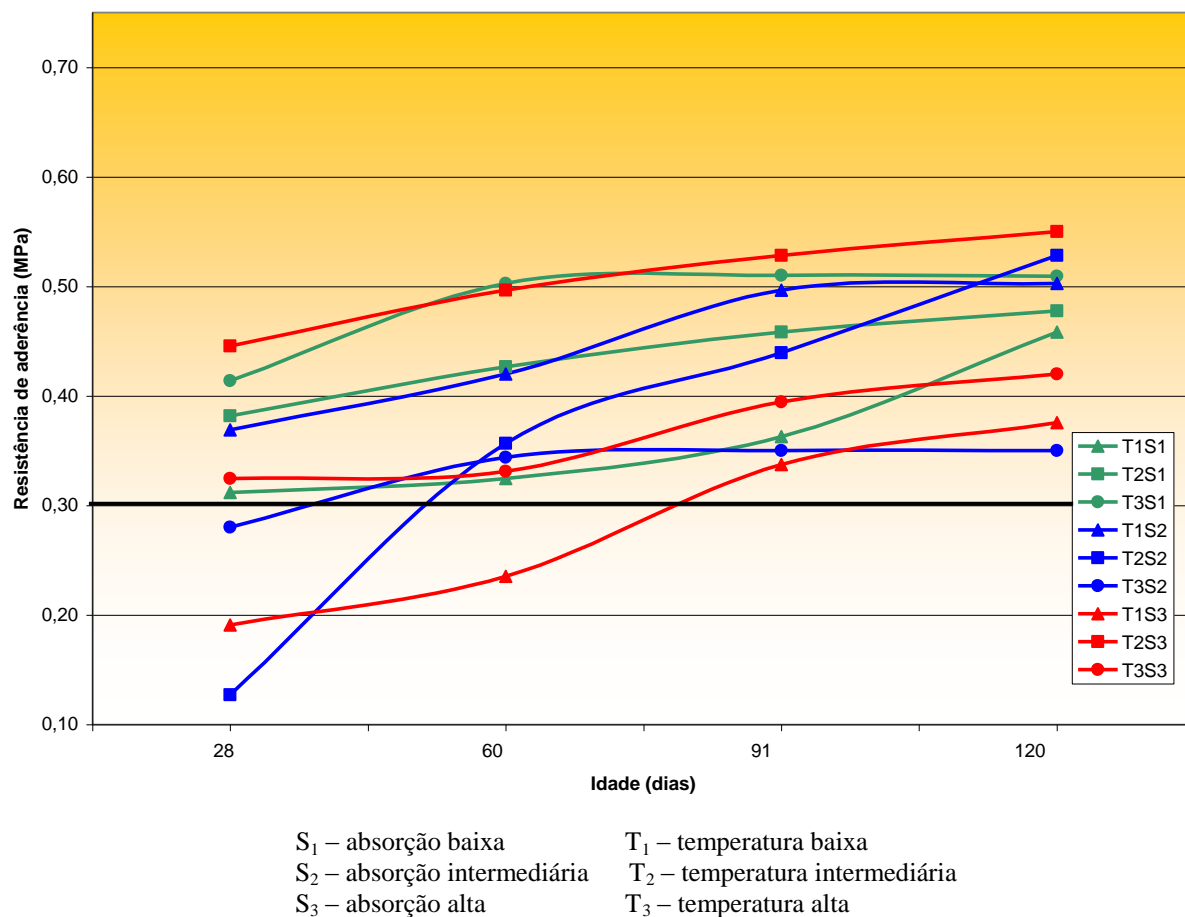


Figura 42: resistência de aderência – argamassa A_3 (preparada em obra com aditivo)

Os maiores e os menores valores de resistência de aderência ao longo do tempo foram obtidos pelo substrato S_3 . Essa variação se deu em função da temperatura de cura em que as miniparedes foram submetidas, sendo que a temperatura T_2 apresentou o melhor desempenho e a temperatura T_1 o pior. Com relação a exigência da norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) as combinações T_2S_2 e T_3S_2 , e T_1S_3 não obtiveram a resistência mínima (0,3MPa) aos 28 e 60 dias, respectivamente.

Na Figura 43 estas afirmações ficam melhores esclarecidas ao se verificar, pela análise de variância, a interação significativa entre o nível de absorção do substrato e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas.

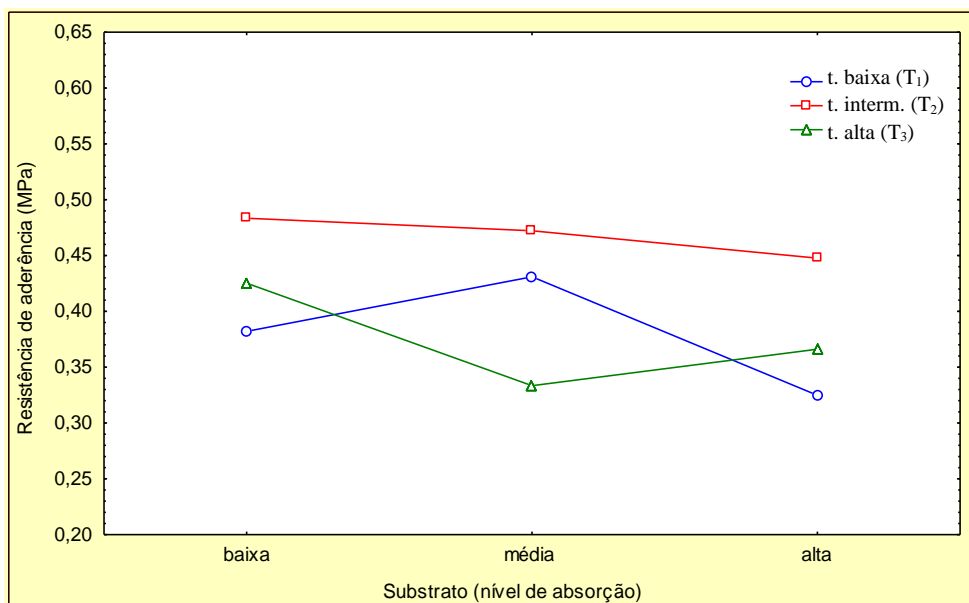


Figura 43: interação entre o nível de absorção do substrato e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas

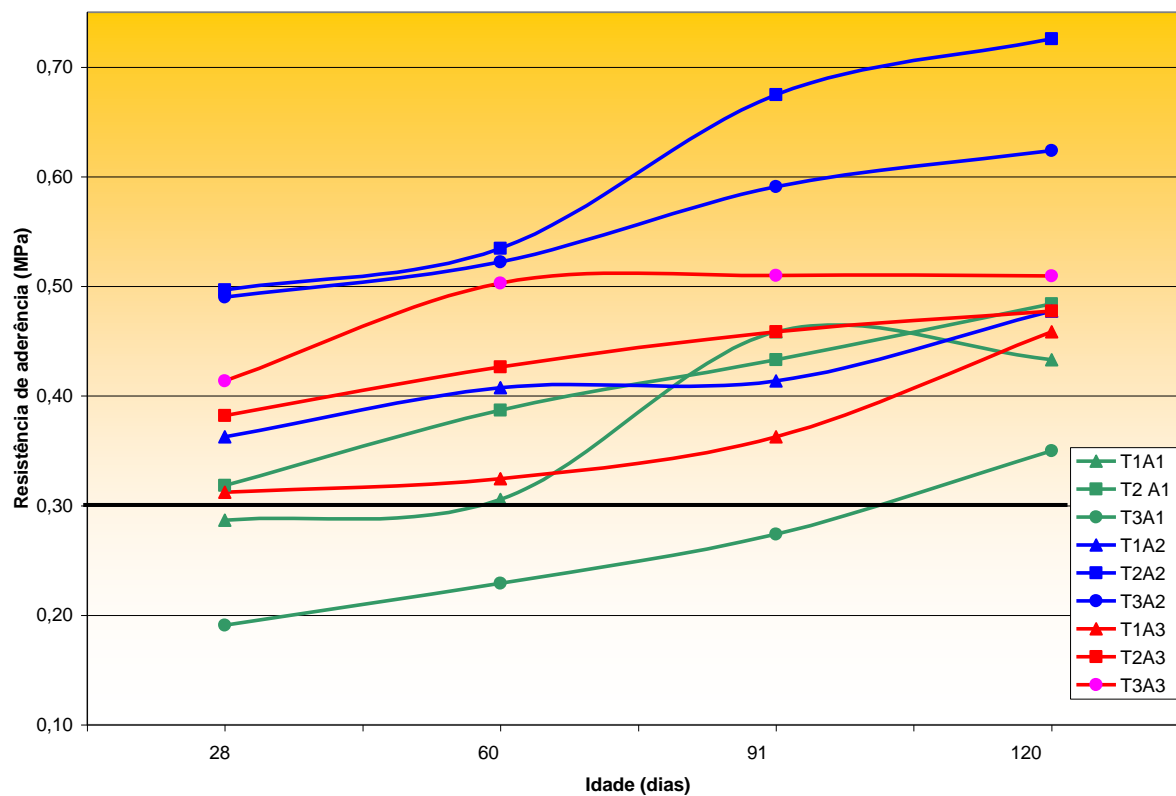
Com resultados bastante superiores às demais, nota-se que a temperatura T_2 apresenta maiores resistências de aderência para todos os tipos de substratos a que foi testada, tendo desempenho levemente superior para o substrato de baixo nível de absorção.

Mais uma vez fica claro que para uma cura de argamassas com temperatura elevada (T_3) o substrato de baixa absorção (S_1) conduz a maiores resistências de aderência. Esse fato pode ser resultado da retenção de água apresentada por todas as argamassas adequadas ressaltando que o nível de absorção médio conferiu pior desempenho. Também fica comprovado estatisticamente que a temperatura baixa confere melhores resultados quando combinada ao substrato de intermediária absorção.

2.2.2.3 Interação Temperatura x Argamassa

De acordo com a Figura 44, para o substrato S_1 , seu melhor desempenho é quando a ele for aplicada a argamassa de revestimento A_2 e submetido às temperaturas T_2 (intermediária) e T_3 (alta). A temperatura T_1 , não está entre os melhores resultados dessa análise, apresentou desempenho em nível médio, mas cabe salientar que, para idades superiores a 60 dias, teve desempenho superior ao que a Norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

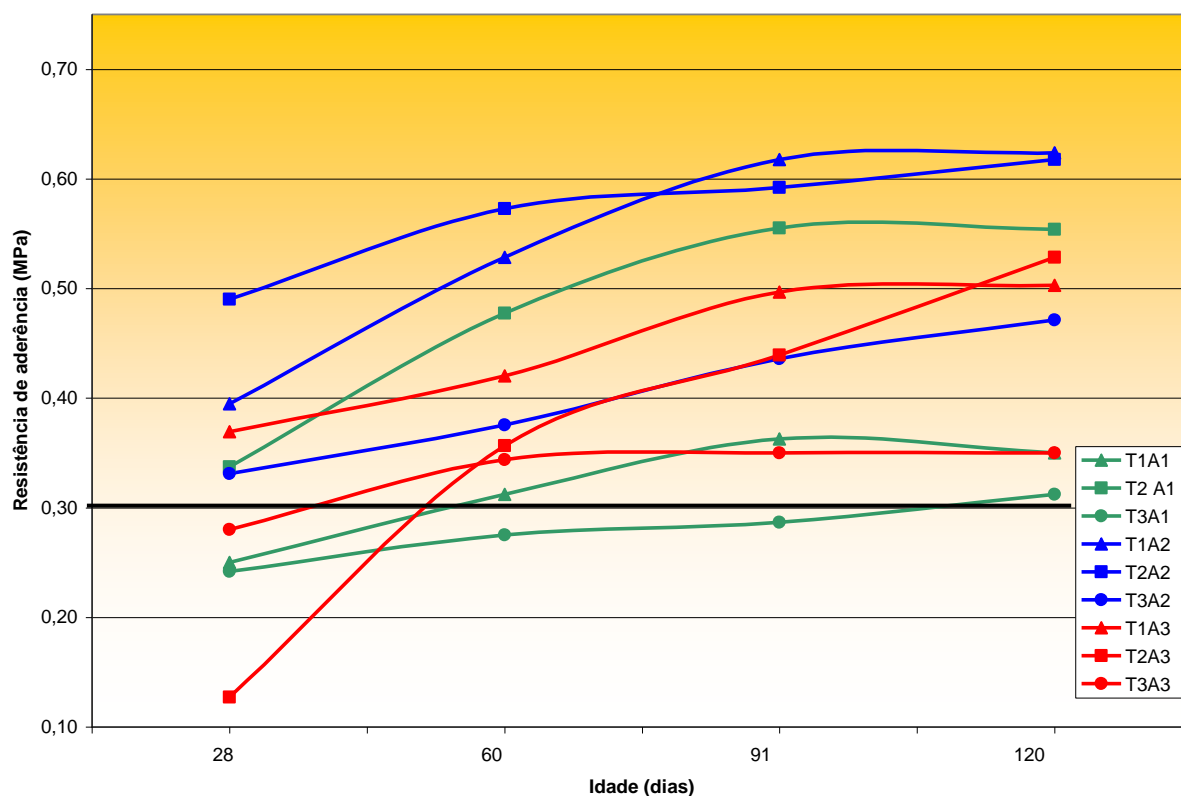
NORMAS TÉCNICAS, 1995) estabelece. Como pior desempenho para esse tipo de base, de maneira geral, se mostrou a argamassa A_1 que apresenta os menores valores de resistência de aderência.



A_1 – argamassa industrializada T_1 – temperatura baixa
 A_2 – argamassa com cal hidratada T_2 – temperatura intermediária
 A_3 – argamassa com aditivo incorporador de ar T_3 – temperatura alta

Figura 44: resistência de aderência – substrato S_1 (baixo índice de absorção de água)

Na Figura 45, igualmente ao que foi verificado para S_1 , a argamassa A_2 apresentou melhor desempenho quando aplicada ao substrato S_2 (intermediária absorção) com temperaturas T_1 (baixa) e T_2 (intermediária) e os valores inferiores foram conferidos a interação T_3A_1 .



A_1 – argamassa industrializada T_1 – temperatura baixa
 A_2 – argamassa com cal hidratada T_2 – temperatura intermediária
 A_3 – argamassa com aditivo incorporador de ar T_3 – temperatura alta

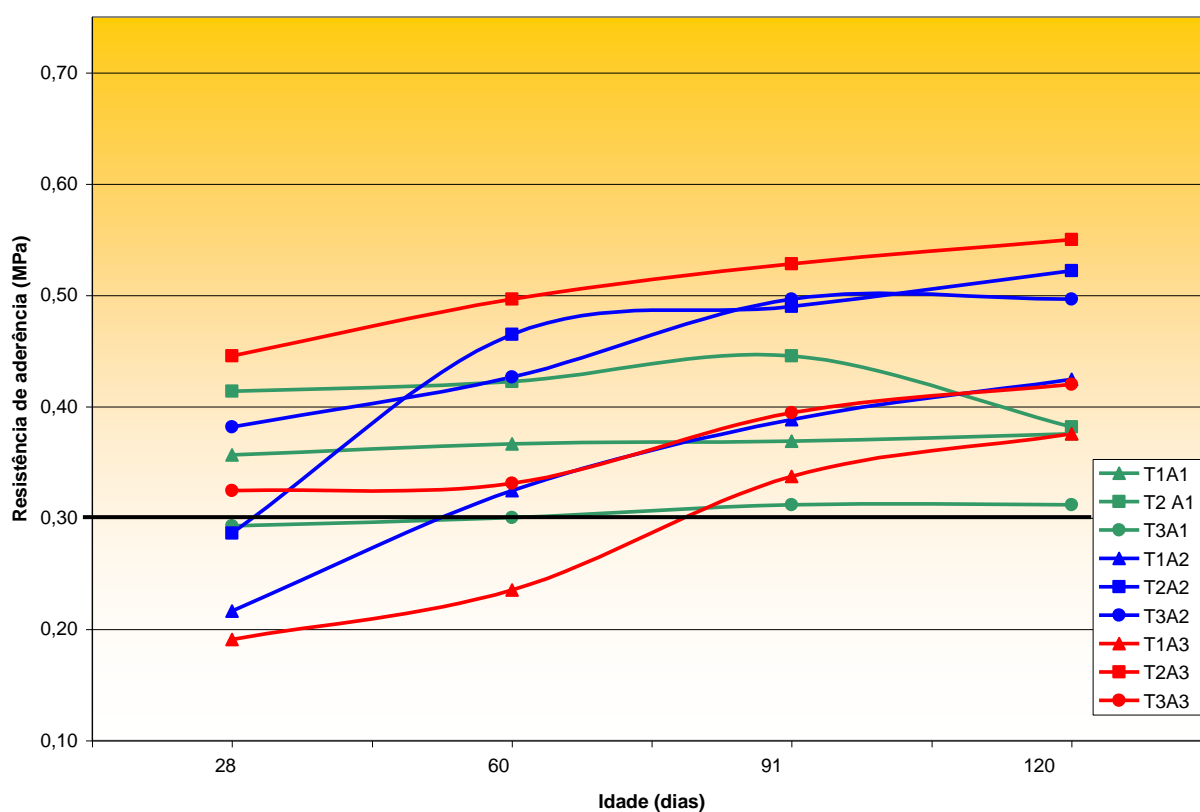
Figura 45: resistência de aderência – substrato S_2 (médio índice de absorção de água)

A Figura 46 apresenta os valores de resistência de aderência ao longo do tempo analisando-se a interação temperatura x substrato para os revestimentos de argamassa aplicados à superfície constituída pelo bloco de vedação S_3 (absorção alta).

De acordo a Figura 46, verifica-se que a interação T_2A_3 (temperatura intermediária e argamassa com aditivo) apresentou os maiores resultados de resistência de aderência ao longo do tempo, ao contrário do que aconteceu para os substratos S_1 e S_2 com índice de absorção inferior e intermediário onde a argamassa com cal hidratada (A_2) obteve os melhores resultados. Por outro lado a argamassa A_3 (com aditivo) quando submetida à temperatura de cura baixa (T_1) apresentou os menores valores de resistência de aderência. A interação da argamassa A_2 com as temperaturas T_2 e T_3 mostraram tendência de desempenho similar à T_2A_3 .

Confirmando o comportamento verificado nas análises dos substratos S_1 e S_2 , a interação T_3A_1 , para o substrato S_3 também apresenta menor resistência de aderência aos 120 dias, confirmando que para uma temperatura de cura alta, o revestimento A_1 (arg. industrializada) seria pouco indicado visto que somente aos 91 dias superou com pequena proporção a resistência mínima especificada pela Norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

Para os substratos S_1 e S_2 os melhores resultados de resistência de aderência foram obtidos pela argamassa A_2 , sendo que para o primeiro este fato é verdadeiro para a temperatura de cura T_1 e T_2 enquanto que para o segundo o melhor desempenho foi verificado para as temperaturas T_2 e T_3 . Assim, observa-se que para ambos os blocos cerâmicos além da argamassa A_2 , a temperatura T_2 atingiu maiores resistências de aderência à tração.



A_1 – argamassa industrializada
 A_2 – argamassa com cal hidratada
 A_3 – argamassa com aditivo incorporador de ar
 T_1 – temperatura baixa
 T_2 – temperatura intermediária
 T_3 – temperatura alta

Figura 46: resistência de aderência – substrato S_3 (alto índice de absorção de água)

Pela análise de variância a interação entre o tipo de argamassa e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas mostrou-se significativa, conforme Figura 47.

Para todas as temperaturas avaliadas no programa experimental, observa-se que a argamassa A_2 (com cal hidratada) apresentou melhor desempenho, sendo mais acentuado para a temperatura de cura intermediária (T_2). Para as temperaturas T_1 e T_3 não é notável tal discrepância. As argamassas A_1 e A_3 apresentaram valores de resistência e tendência de comportamento muito aproximados.

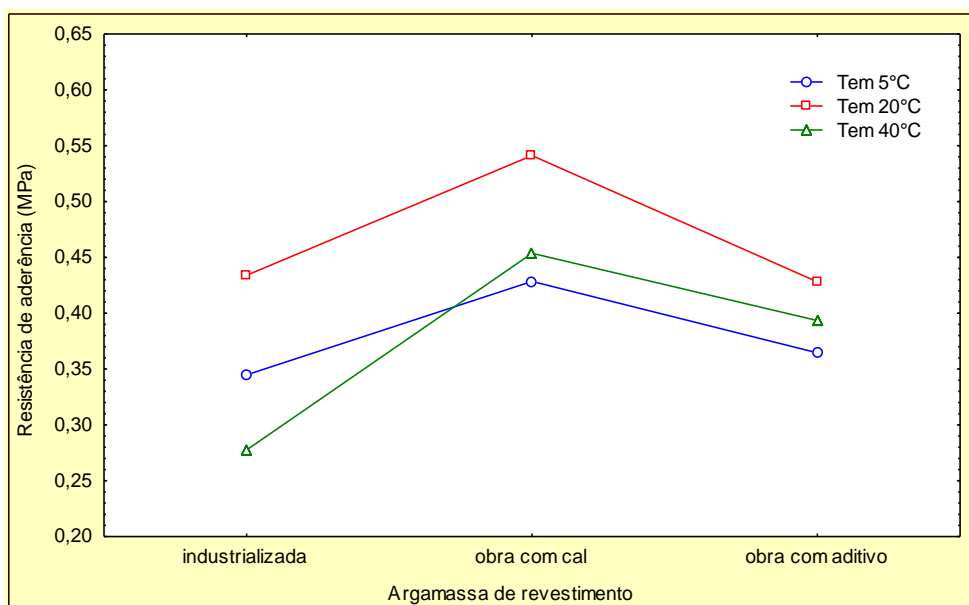


Figura 47: interação entre o tipo de argamassa e a temperatura de cura na resistência de aderência das argamassas

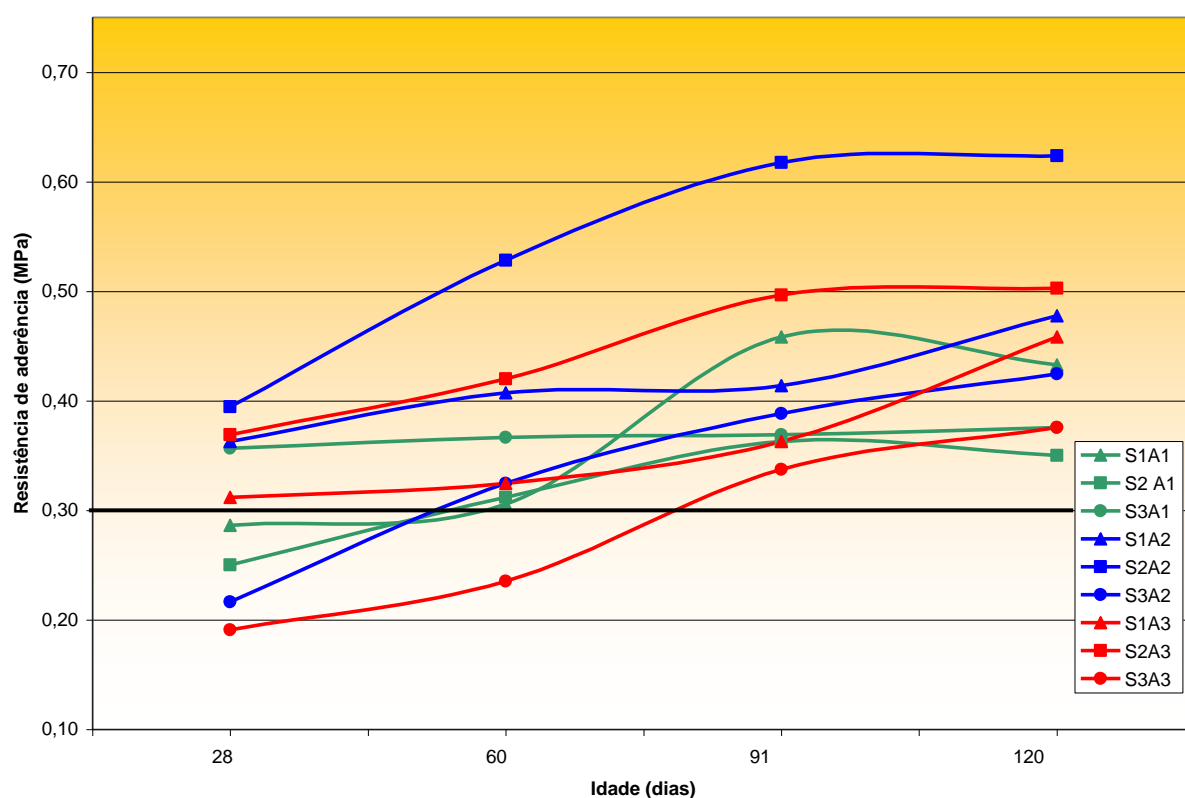
Deste modo, para a tomada de decisão quanto ao tipo de argamassa a ser utilizada, independente da temperatura de cura, a argamassa produzida em obra com cal hidratada apresenta sempre melhor desempenho de resistência de aderência. Em contrapartida, a argamassa industrializada apresenta, na totalidade dos casos, desempenho inferior às demais.

2.2.2.3 Interação Substrato x Argamassa

Avaliando o desempenho da relação substrato x argamassa quando submetida a uma cura em temperatura T_1 (baixa, $5 \pm 5^\circ\text{C}$) para as idades de 28, 60, 91 e 120 dias, conforme Figura 48, observa-se que os maiores índices de resistência são apresentados pelas argamassas A_2 e A_3 quando aplicadas ao substrato S_2 . É notável a diferença de valores durante todas as idades de

ensaio quanto ao desempenho da relação S₂A₂ por apresentar resultados superiores às demais combinações.

Como menores resistências de aderência ao longo do tempo, o substrato S₃, cujo índice de absorção de água é alto, apresentou pior desempenho quando revestido com argamassa A₃, somente atingindo a resistência especificada por norma (0,3 MPa) aos 91 dias de idade. As demais misturas aos 60 dias ultrapassaram este parâmetro.

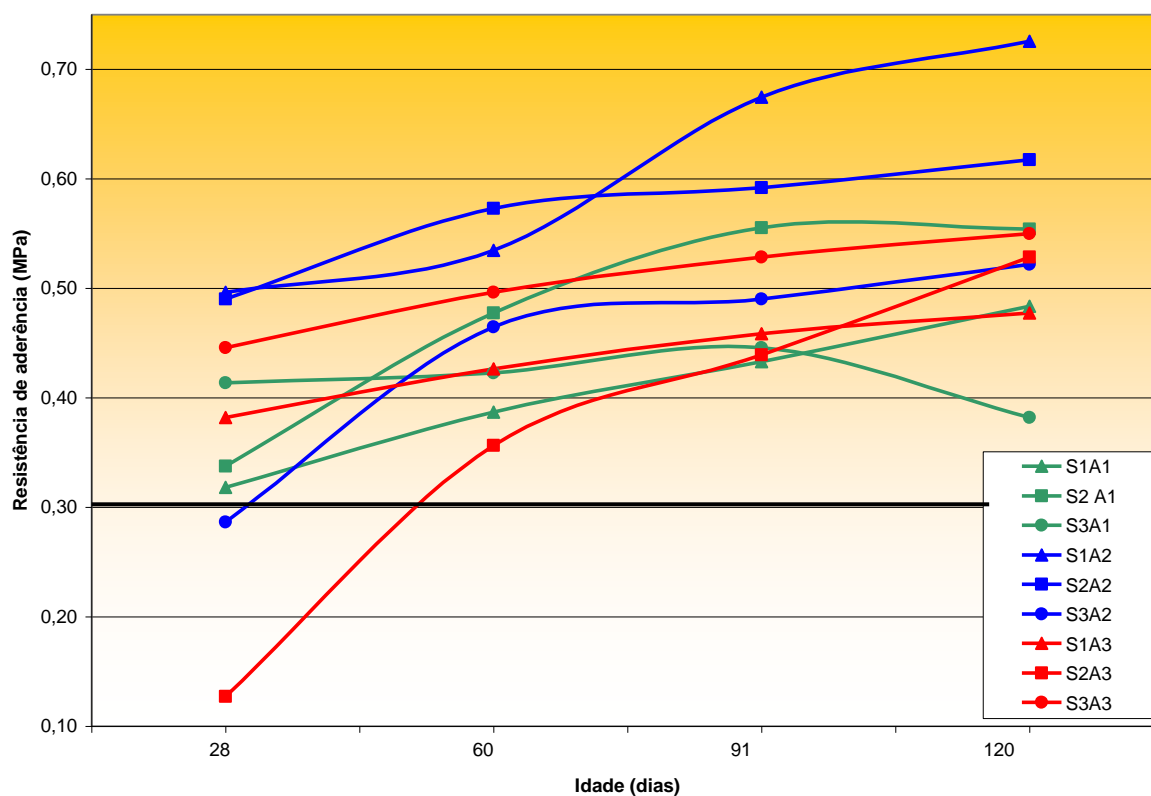


A₁ – argamassa industrializada
 A₂ – argamassa com cal hidratada
 A₃ – argamassa com aditivo incorporador de ar

S₁ – absorção baixa
 S₂ – absorção intermediária
 S₃ – absorção alta

Figura 48: resistência de aderência – temperatura T₁ (baixa, 5 ± 5°C)

A seguir, a Figura 49 e a Figura 50 mostram o desempenho das combinações argamassa x substrato quando submetidas às temperaturas intermediária (23 ± 5°C) e alta (40 ± 5°C), respectivamente.



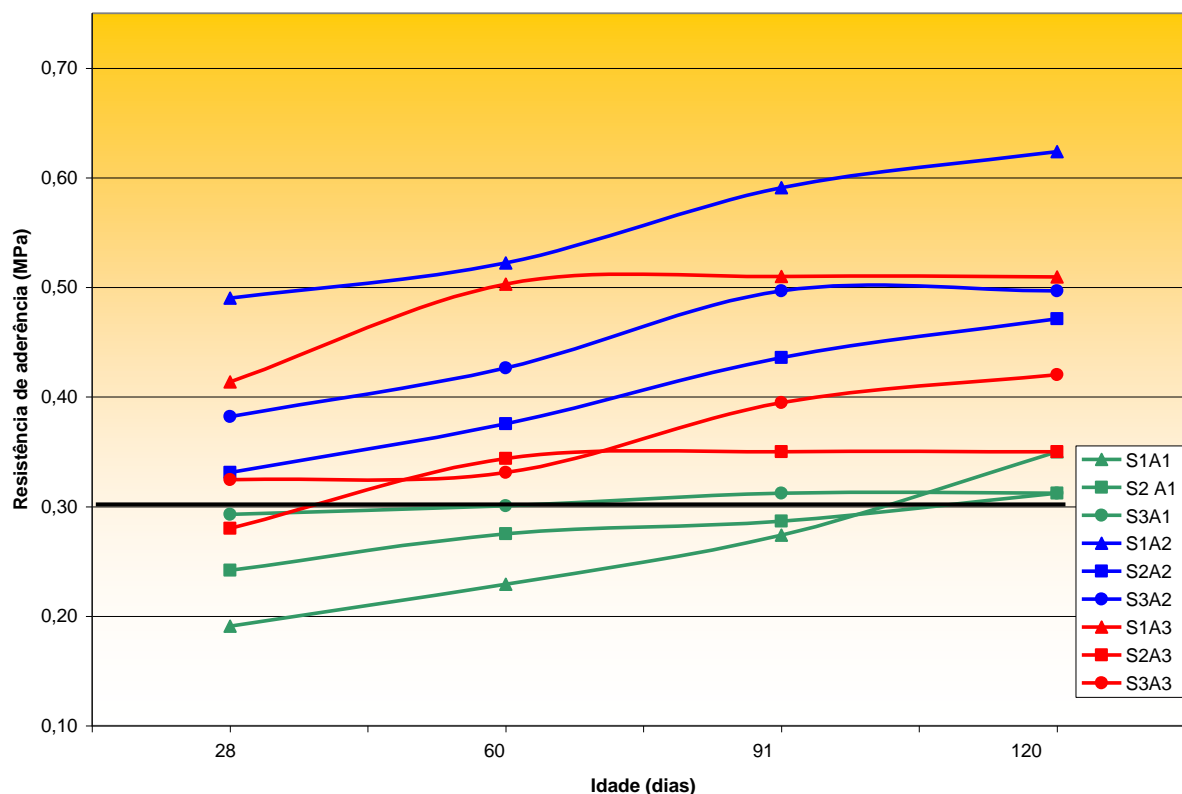
A₁ – argamassa industrializada S₁ – absorção baixa
 A₂ – argamassa com cal hidratada S₂ – absorção intermediária
 A₃ – argamassa com aditivo incorporador de ar S₃ – absorção alta

Figura 49: resistência de aderência – temperatura T₂ (intermediária, 23 ± 5°C)

Para a cura em temperatura intermediária, observa-se que o revestimento em argamassa A₂ (argamassa mista com cal hidratada) obteve os dois maiores valores de resistência de aderência durante todo o período ensaiado, quando aplicada aos blocos S₁ e S₂ (baixo e intermediário índice de absorção de água), conforme apontamentos verificados anteriormente na análise isolada dos efeitos. Quanto a satisfação da Norma NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) somente as combinações S₂A₃ e S₃A₂ não obtiveram resistência de 0,3 MPa aos 28 dias. Destaca-se, porém que antes da marca de 60 dias esse parâmetro foi superado, sendo que aos 91 dias de idade todas as argamassas superaram 0,4 MPa de resistência, confirmando a performance positiva da temperatura intermediária.

Verifica-se ainda que, apesar de não apresentar melhores resultados em termos de resistência de aderência, para a temperatura T₂, a interação S₂A₃ conferiu o maior incremento de carga ao

longo do tempo. Na primeira idade de ensaio, 28 dias, apresentou 0,13 MPa de carga e aos 120 dias 0,53 MPa, o que resulta em uma variação de 407% nesse intervalo.



A₁ – argamassa industrializada
 A₂ – argamassa com cal hidratada
 A₃ – argamassa com aditivo incorporador de ar

S₁ – absorção baixa
 S₂ – absorção intermediária
 S₃ – absorção alta

Figura 50: resistência de aderência – temperatura T₃ (alta, 40 ± 5°C)

Para a temperatura de cura T₃, a argamassa A₂ (com cal) também apresentou resistência de aderência superior às demais, sendo que aplicada ao substrato S₁ atingiu os maiores índices em todas as idades de ensaio. Pode-se dizer que esta argamassa de maneira geral apresentou os melhores índices de resistência para todos os substratos de aplicação. Já a argamassa A₁, conforme verificado na análise do efeito isolado, apresentou comportamento inferior às demais, praticamente só atingindo a resistência mínima de 0,3 MPa aos 120 dias de idade.

No caso desta temperatura de análise, o desempenho dos conjuntos substrato x argamassa foi inferior para a argamassa A₁ indiferente do tipo de bloco a que foi aplicada. Essa argamassa de revestimento apresentou, para T₃, os menores índices de resistência, não se mostrando eficiente para esse tipo de temperatura.

As observações acima ficam melhor explícitas pela ANOVA que aponta influência significativa na interação entre o nível de absorção do substrato e o tipo de argamassa na resistência de aderência, conforme Figura 51.

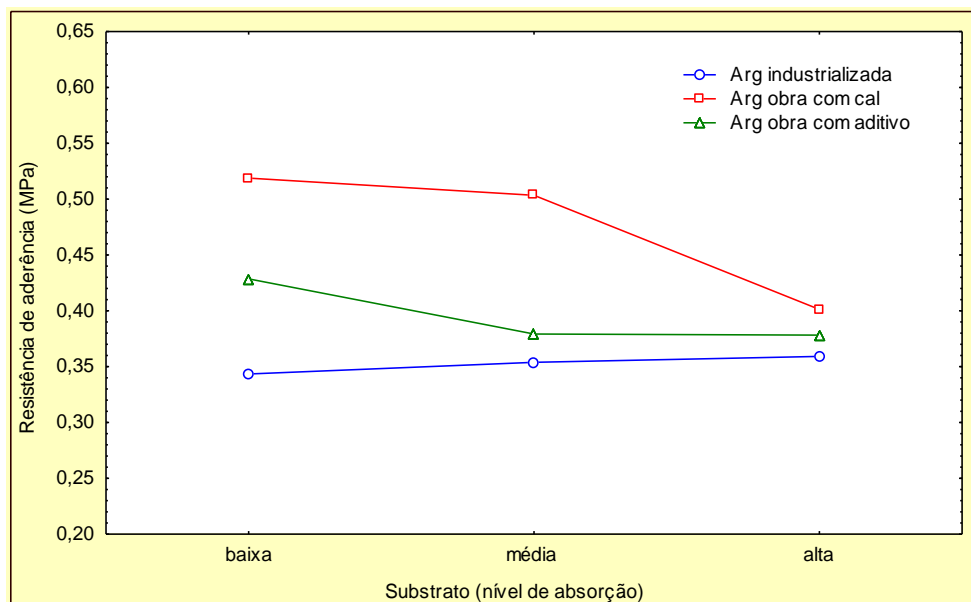


Figura 51: interação entre o nível de absorção do substrato e o tipo de argamassa na resistência de aderência

De forma sintética observa-se que a argamassa A_2 , para todas as temperaturas de cura, apresentou melhor desempenho frente às demais, principalmente quando aplicada aos substratos de baixo (S_1) e intermediário (S_2) índice de absorção de água, igualmente ao comprovado na análise de variância pelo efeito isolado das argamassas na resistência de aderência. Ainda, de acordo com a análise, podemos dizer que este tipo de argamassa, preparada com cal (A_2), é a mais influenciada pelo tipo de substrato.

Para substratos com alto índice de absorção (S_3), todas as argamassas apresentaram desempenho semelhante, sendo este inferior aos dos demais substratos. Provavelmente esta performance é devida a estrutura dos poros (teoria dos poros ativos) ou ainda ao índice elevado de absorção, o qual demanda grande quantidade de água de amassamento, influenciando na hidratação dos componentes da argamassa, bem como na formação das agulhas de etringita. Desta forma, para esse tipo de base, o tipo de argamassa exerce pouca influência na resistência de aderência.

Analisando o comportamento da argamassa A_1 , quanto à resistência de aderência, quando relacionada aos três tipos de substratos, verifica-se que possui desempenho semelhante para todos, porém inferior às demais argamassas, comprovando Barros e Sabbatini (1995); Possan et al. (2002); Angelim (2005); Temoche-Esquivel (2005); entre outros, no que se refere a performance das argamassas industrializadas em relação às produzidas em obra.

5.2 ENSAIOS EM ARGAMASSA: CORPOS-DE-PROVA

Este item apresenta os resultados dos ensaios executados em corpos-de-prova de argamassas de revestimento (A_1 , A_2 e A_3) realizados até a idade de 91 dias. Estes foram curados conforme as recomendações da NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) bem como receberam tratamento de cura segundo temperaturas estudadas no programa experimental (T_1 , T_2 e T_3).

É importante salientar que estes parâmetros serão analisados separadamente e após, será feita a relação entre os estudos efetuados em corpos-de-prova cilíndricos e em mini-paredes.

5.2.1 Verificação da resistência à compressão axial

Na Tabela 24 são apresentados os resultados de resistência a compressão axial para os três tipos de argamassa de revestimento quando curadas nas idades estudadas neste projeto de pesquisa.

Tabela 24: resistência à compressão axial

Resistência a compressão axial (MPa)				
argamassa 1				
dias	conforme normalização	temperatura baixa (T ₁)	temperatura intermediária (T ₂)	temperatura alta (T ₃)
7	3,6	3,4	3,9	4,0
14	4,5	3,6	4,6	4,2
28	4,8	4,6	5,5	4,2
60	4,9	6,2	6,4	4,4
91	6,0	7,0	6,7	5,5
argamassa 2				
dias	conforme normalização	temperatura baixa (T ₁)	temperatura intermediária (T ₂)	temperatura alta (T ₃)
7	2,1	1,8	2,0	2,4
14	2,3	2,2	3,2	2,6
28	3,2	2,3	4,2	2,8
60	4,4	3,7	4,9	2,9
91	4,5	4,1	5,0	3,9
argamassa 3				
dias	conforme normalização	temperatura baixa (T ₁)	temperatura intermediária (T ₂)	temperatura alta (T ₃)
7	5,2	5,9	6,8	7,7
14	5,7	6,4	9,5	7,9
28	8,9	9,1	10,1	8,2
60	9,2	10,4	13,5	9,6
91	9,3	11,0	13,5	9,9

Na Figura 52 são demonstrados os valores de resistência à compressão obtidos para a argamassa A₁, do tipo industrializada, aos 7, 14, 28, 60 e 91 dias quando submetida aos diferentes tipos de cura.

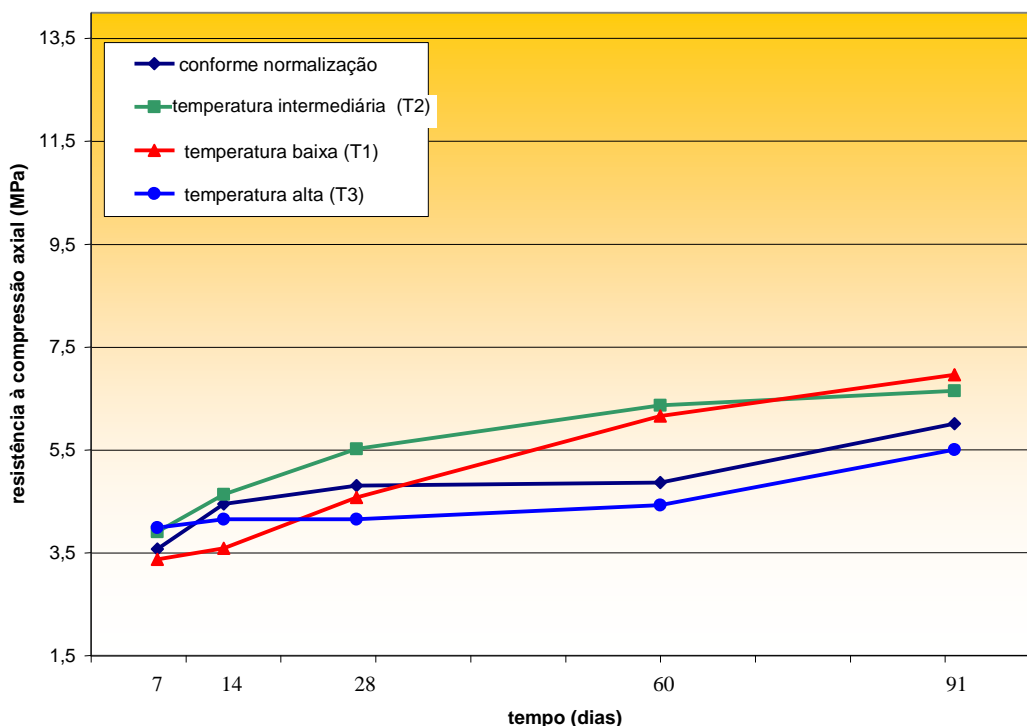


Figura 52: resistência à compressão axial – argamassa A₁ (argamassa industrializada)

Nota-se que, conforme dados fornecidos pelo fabricante e informados neste trabalho no item 4.3.6 de caracterização do material, a resistência aos 28 dias de 4,0 a 5,0 MPa foi alcançada para todas as formas de cura, sendo até, para esta idade, superada nos ensaios realizados com corpos-de-prova submetidos a cura em temperatura intermediária de $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ e baixa de $5\pm 5^{\circ}\text{C}$.

É possível observar que a temperatura de cura tem grande influência nas características das argamassas, pois para uma mesma argamassa, moldada no mesmo instante com as mesmas proporções e características, nota-se que com diferentes temperaturas de cura há uma diferença expressiva em sua carga de ruptura.

É possível identificar que, para esse tipo de material, a argamassa curada em temperatura intermediária de $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ apresenta um desempenho muito superior as outras formas de cura até a idade de 60 dias sendo após superada pela cura em temperatura inferior que teve um incremento de carga considerável após a idade de 28 dias, onde passou a ser a segunda argamassa de melhor desempenho sendo que antes dessa idade ocupava o último lugar. A cura

em temperatura alta (T_3), apesar de atender as especificações de resistência aos 28 dias do fabricante, apresenta valores mais baixos de resistência à compressão ao longo do tempo.

Na Figura 53 e na Figura 54 podem ser analisados os resultados de resistência à compressão das argamassas preparadas em obra com cal (A_2) e com aditivo (A_3), respectivamente, e assim compará-los englobando todos os tipos de argamassas estudados.

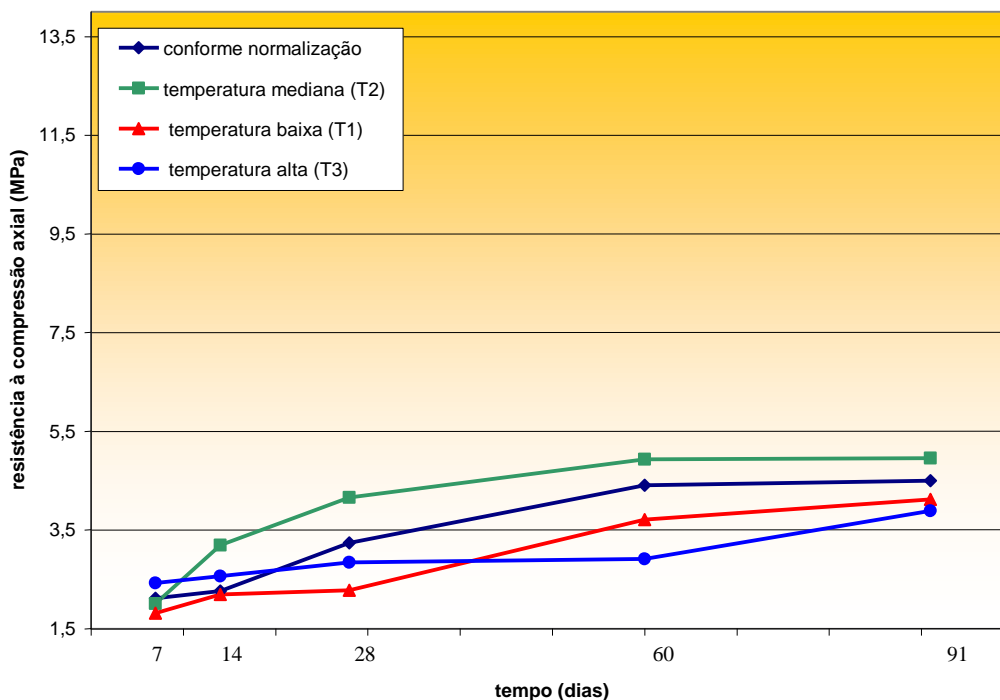


Figura 53: resistência à compressão axial – argamassa A_2 (argamassa preparada com cal)

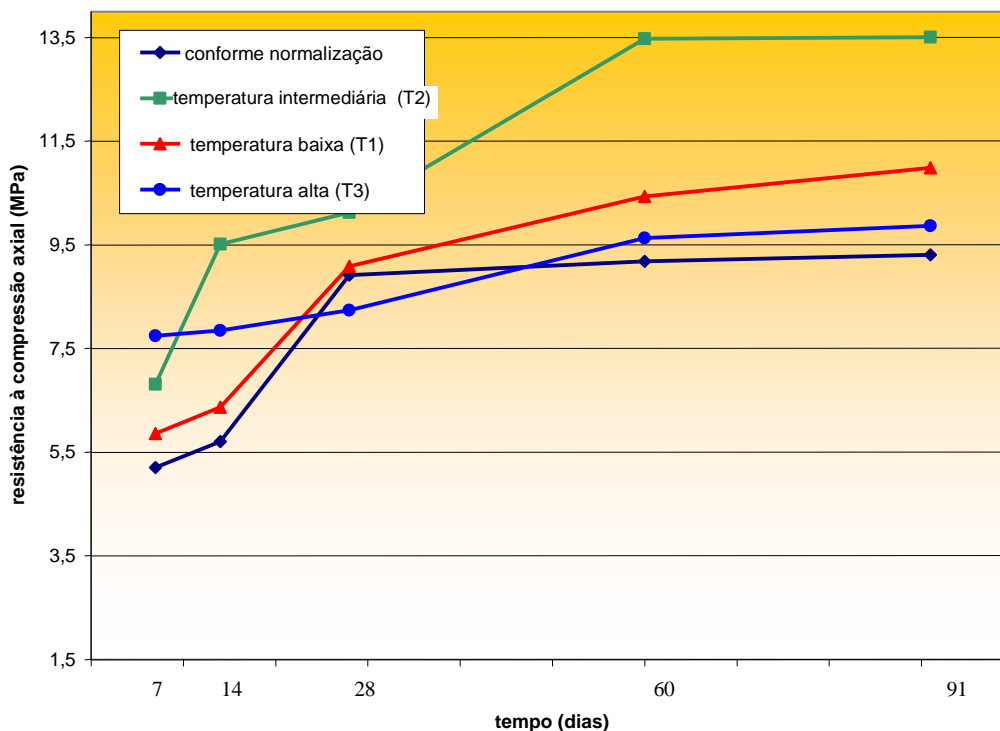


Figura 54: resistência à compressão axial – argamassa A_3 (argamassa preparada com aditivo)

Tendo como base os valores obtidos para os três tipos de argamassas de revestimento, pode-se observar que aos 7 dias de idade a cura em temperatura intermediária não teve o melhor desempenho. Conforme esperado, a cura de argamassas em temperatura mais elevada apresentou maiores resultados, provavelmente pelo fato da temperatura acelerar as reações de hidratação. Já quando analisada a partir dos 14 dias, confirmando o que havia sido observado para a argamassa A_1 , os corpos-de-prova curados em temperatura mediana foram mais eficientes no que se trata de ganho de resistência à compressão, pois, até a última idade ensaiada, houve um grande crescimento.

Quanto ao desempenho dos corpos-de-prova curados em temperatura baixa (T_1), para a argamassa A_2 obteve-se o mesmo comportamento da argamassa A_1 , o revestimento não apresentou melhores resultados até a idade de 28 dias, e após houve um incremento considerável de carga.

Ainda, realizando uma análise sobre os valores de resistência atingidos, é muito expressiva a diferença entre níveis de resistência dos três tipos de argamassas estudadas, onde tem-se valores elevados para a argamassa preparada com aditivo incorporador de ar (A_3), medianos para argamassa industrializada (A_1), e menores para argamassa com cal (A_2).

No que diz respeito a argamassa A_2 , com cal hidratada em sua mistura, os maiores ganhos de resistência ocorrem em idades mais avançadas, a partir dos 28 dias de idade. Nesse tipo de revestimento, para as temperaturas de cura avaliadas, a menor e maior taxa de crescimento observada dos 7 para os 91 dias foram de 60 e 146%, respectivamente.

Já se tratando dos três tipos de argamassas analisados e ainda quando submetidas às quatro temperaturas de cura, verifica-se uma grande diferença de valores. Nota-se que as amostras curadas em temperatura baixa obtiveram os menores acréscimos de resistência, enquanto que com exceção da argamassa A_1 , os maiores acréscimos ocorreram com a cura em temperatura mediana. Comparando todos os elementos estudados, o maior e o menor incremento de resistência aconteceram com a argamassa A_3 curada em temperatura alta (T_3) que teve um acréscimo de apenas 27% e com a argamassa A_2 com cura em temperatura intermediária (T_2), com 146% de acréscimo.

5.2.2 Resistência à tração por compressão diametral

A Tabela 25 apresenta os valores de resistência à tração por compressão diametral das argamassas para todas as idades estudadas (7, 28, 60 e 91 dias).

Tabela 25: resistência à tração por compressão diametral

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)								
idade (dias)	Ambiente de cura							
	conforme NBR		temperatura baixa		temperatura intermediária		temperatura elevada	
	média (MPa)	desvio (%)	média (MPa)	desvio (%)	média (MPa)	desvio (%)	média (MPa)	desvio (%)
argamassa A ₁								
7	0,62	5,0	0,52	11,0	0,36	13,0	0,58	14,0
28	0,62	15,0	0,70	15,0	0,70	13,0	0,66	15,0
60	0,66	8,0	0,88	4,0	0,76	11,0	0,67	13,0
91	0,88	11,0	1,03	10,0	1,01	5,0	0,81	8,0
argamassa A ₂								
7	0,26	8,0	0,19	8,0	0,20	17,0	0,28	15,0
28	0,27	8,0	0,31	13,0	0,43	12,0	0,31	12,0
60	0,47	0,0	0,48	3,0	0,48	3,0	0,36	6,0
91	0,60	2,0	0,49	4,0	0,55	8,0	0,39	12,0
argamassa A ₃								
7	1,01	13,0	0,68	14,0	0,94	15,0	1,05	12,0
28	1,08	5,0	0,87	10,0	1,29	14,0	1,26	9,0
60	1,20	14,0	1,49	15,0	1,31	6,0	1,29	14,0
91	1,21	14,0	1,74	7,0	1,48	10,0	2,10	3,0

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal hidratada– traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Conforme verificado anteriormente para os valores de resistência à compressão axial, os índices de resistência à tração por compressão diametral mantêm os mesmos padrões: valores superiores para argamassa A₃; médios para argamassa A₁ e inferiores a argamassa A₂.

Partindo do princípio de que existe uma correspondência entre os valores das resistências à tração por compressão diametral e à compressão axial, a Figura 55 apresenta a relação entre os resultados máximos obtidos nestes ensaios, realizados com a idade de 91 dias.

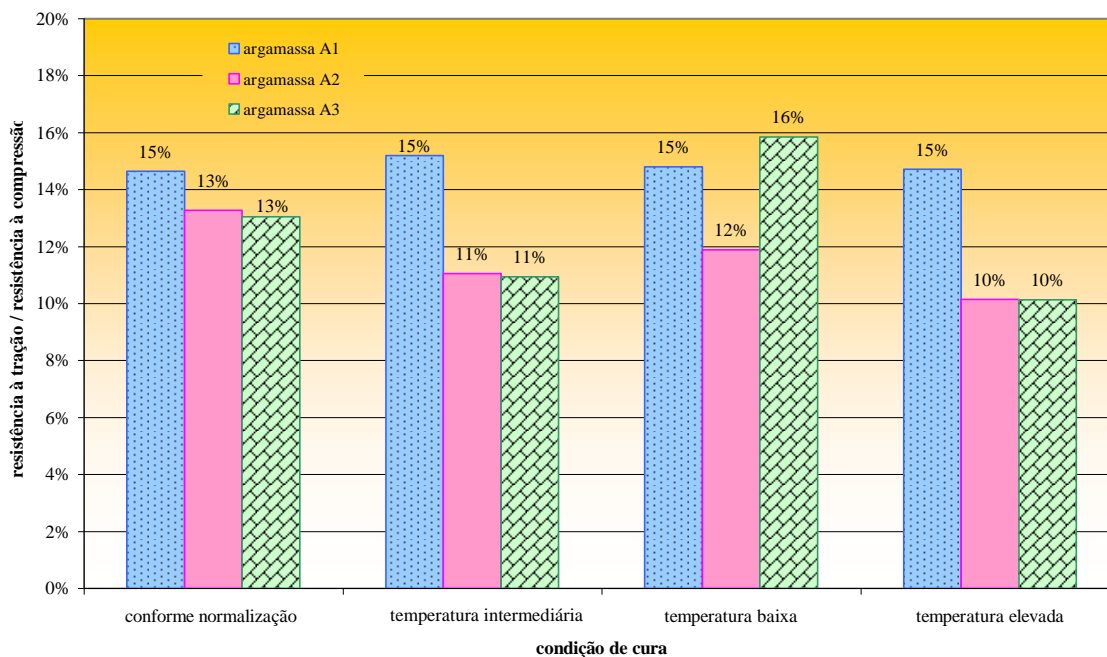


Figura 55: relação entre as resistências à compressão axial e tração por compressão diametral – 91 dias de idade

Verifica-se que a taxa média de relação entre a resistência à compressão axial e a resistência à compressão diametral, para todas as condições de cura, foi de aproximadamente 13%. É possível observar que a argamassa A₁ apresenta para todas as situações de cura, exceto para a temperatura baixa, valores superiores aos encontrados para as argamassas A₂ e A₃, com uma relação constante de 15%. Ainda de acordo com os resultados obtidos para estes dois parâmetros, em concordância com as verificações encontradas na bibliografia (JOISEL, 1981), confirma-se que a resistência à tração por compressão diametral cresce à medida que ocorre o aumento da resistência à compressão e possui um valor próximo a 10%.

5.2.3 Verificação da densidade de massa aparente no estado endurecido

Através desta análise, observou-se que a condição (temperatura) de cura não exerce influência significativa sobre este parâmetro, mas sim a composição da argamassa de revestimento. Este é o fator, conforme valores mostrados na Tabela 26, que vai modificar os resultados para esta propriedade. A argamassa com cal (A₂), para todas as temperaturas de cura, apresentou maior densidade de massa aparente, seguida da argamassa com aditivo (A₃) e, por último, da argamassa industrializada (A₁).

Tabela 26: densidade de massa no estado endurecido das argamassas estudadas curadas em diferentes ambientes

Densidade de massa aparente (g/cm ³)						
	argamassa A ₁		argamassa A ₂		argamassa A ₃	
Ambiente de cura	dens.massa	CV (%)	dens.massa	CV (%)	dens.massa	CV (%)
conforme normalização	1,60	2	1,82	2	1,78	2
temperatura baixa	1,60	1	1,82	1	1,77	2
temperatura intermediária	1,60	1	1,83	2	1,76	2
temperatura alta	1,58	2	1,81	1	1,75	2

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

5.2.4 Verificação da absorção por capilaridade

A Figura 56 mostra os níveis médios de absorção por capilaridade para as argamassas estudadas, em suas diversas formas de cura, na sua medida máxima de 72 horas.

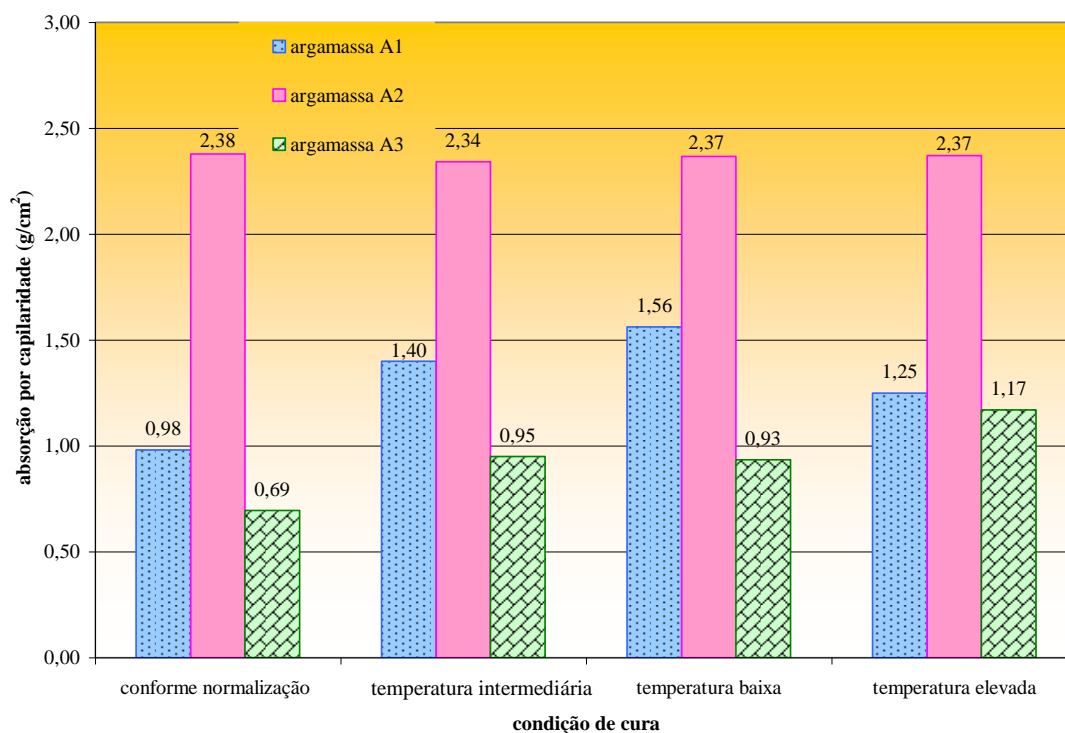


Figura 56: absorção por capilaridade em 72 horas

Analisando os valores obtidos, a argamassa mista com cal é a que apresenta maiores valores de absorção de água entre as argamassas estudadas, portanto os maiores valores de absorção

por capilaridade. Ainda verifica-se que não ocorre, para este revestimento, uma grande variação destes resultados para as quatro formas de cura. A maior diferença é de 1% entre a cura em temperatura intermediária e a elevada.

Para a argamassa A_1 , bem como a argamassa A_3 se identifica uma grande variação entre os resultados para o mesmo revestimento. Estes dois tipos de revestimentos possuem menores índices de absorção que os obtidos para a argamassa A_2 , fator que pode ser decorrente da composição destas argamassas. Estas possuem aditivo incorporador de ar, que de alguma forma pode ter contribuído para o impedimento da subida da água pelo corpo-de-prova.

Na argamassa industrializada observa-se a diferença entre as médias de absorção, de 37% entre a cura conforme normalização e a cura em temperatura baixa. Já na argamassa A_3 essa diferença é ainda maior, tendo um acréscimo de capacidade de absorção de 41% as amostras submetidas à cura sob temperatura elevada quando comparadas às curadas conforme normalização. É importante analisar que nestes dois casos a cura realizada conforme a normalização vigente foi a que concedeu menores índices de absorção por capilaridade, portanto melhor desempenho quanto a esta propriedade. Porém, a análise de variância realizada para a resistência de aderência com corpos-de-prova extraídos de mini-paredes, onde a variável nível e absorção de água do substrato é avaliada em conjunto com as argamassas, confere à argamassa preparada em obra com cal (A_2) os maiores valores de resistência para todas as temperaturas de cura.

Durante a realização deste ensaio, além dos níveis de absorção por capilaridade, obtidos até o tempo de 72 horas, foi possível fazer a análise da ascensão máxima de água nos corpos-de-prova. Na Tabela 27 é possível verificar, organizadas por tipos de cura, as médias das amostras submetidas ao ensaio.

Tabela 27: ascensão máxima por capilaridade

Ascensão máxima (cm)			
temperaturas de cura	argamassa A ₁	argamassa A ₂	argamassa A ₃
conforme NBR	7,28	9,59	5,18
temperatura baixa	7,01	9,86	7,45
temperatura intermediária	6,07	9,72	6,43
temperatura elevada	7,89	9,91	6,71

argamassa A₁ – argamassa industrializada

argamassa A₂ – argamassa preparada em obra com cal – traço 1:2:9, em volume

argamassa A₃ – argamassa preparada em obra com aditivo incorporador de ar – traço 1:5, em volume

Conforme esperado pelos resultados dos índices de absorção, a argamassa A₂ teve ascensão elevada, lembrando que os corpos-de-prova têm altura total de 10 cm. As amostras ensaiadas de argamassa A₁ e A₂ mostram certa paridade de valores tornando-as muito parecidas quanto a esse parâmetro.

5.3 RELAÇÃO ENTRE MINI-PAREDES E CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS

Sobre a existência ou não de relações entre a resistência à compressão axial e a resistência de aderência à tração, Pereira (1999) e Scartezini (2002), após pesquisa experimental, dizem inexistir relação entre esses dois parâmetros.

Em contrapartida, Carasek (1996) diz que há um aumento da resistência de aderência à medida que aumenta a resistência a compressão da argamassa, sendo que esta relação ora é melhor definida através de equações logarítmicas, ora por equações lineares.

Para fazer a relação entre os ensaios realizados em mini-paredes e em corpos-de-prova fez-se a análise entre os resultados dos experimentos de resistência de aderência à tração e de resistência à compressão axial. A compilação desses resultados, para os três tipos de argamassas aplicadas aos três substratos de diferentes níveis de absorção, pode ser observada na Figura 57.

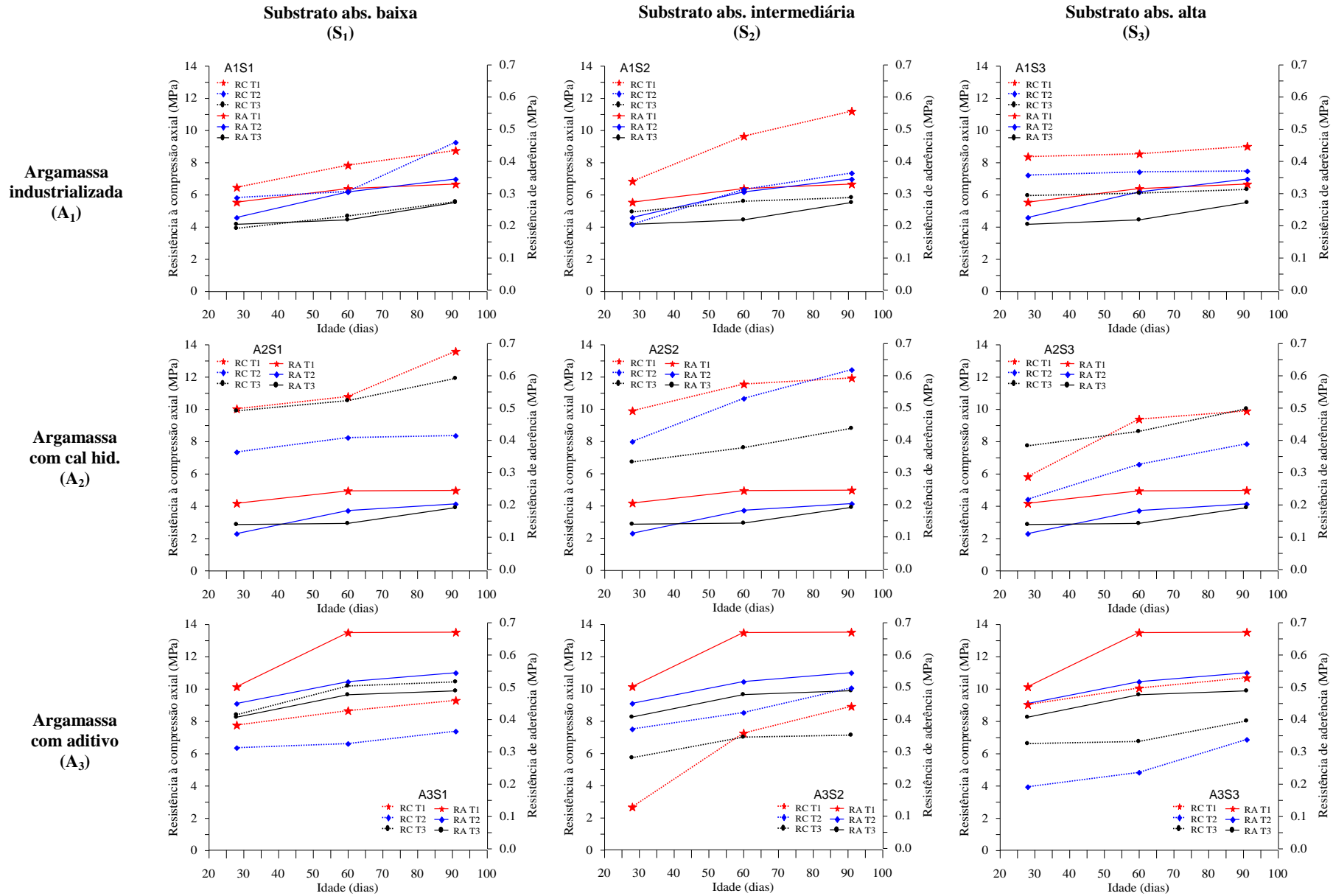


Figura 57: relação entre a resistência à compressão axial e a resistência de aderência à tração

Relacionando superficialmente os dados observados na Figura 57 com a afirmação feita por Carasek (1996) nota-se que para algumas argamassas e temperaturas de cura, é verídico que a resistência de aderência aumenta à medida que a resistência a compressão axial também cresce.

Desta forma, verifica-se que pode ser que exista uma relação entre os resultados de resistência à compressão axial e de resistência de aderência à tração, para isso deve ser realizada uma análise mais rigorosa quanto aos valores obtidos em cada um dos ensaios para os diversos materiais utilizados, bem como para cada temperatura de cura, deve ser também analisada a forma como pode ser modelada essa correlação. Como não está relacionada como objetivo deste trabalho, essa análise não será realizada no decorrer deste, mas para o conhecimento deste fenômeno e em contribuição à área de pesquisa esta deverá ser explorada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência das variáveis de estudo na resistência de aderência à tração nas argamassas de revestimento foi verificada pela análise de variância.

Assim, tomando-se como base os resultados obtidos durante o programa experimental e as informações da revisão de literatura, neste capítulo são abordadas as principais conclusões deste estudo. Cabe ressaltar que os resultados deste trabalho se aplicam a argamassas sob as condições de produção e exposição aqui descritas, sendo necessários novos estudos e adaptações para a aplicação destes em meios de exposição diferenciados.

6.1 CONCLUSÕES

Com relação ao objetivo principal deste trabalho conclui-se que:

a) Temperatura de cura

A temperatura de cura exerce influência bastante significativa na resistência de aderência das argamassas, sendo que as argamassas curadas a temperatura intermediária T_2 ($23\pm 5^\circ\text{C}$) apresentaram melhor desempenho independente do tipo de argamassa.

Essa influência também fica evidente nas características das argamassas, pois para uma mesma argamassa, moldada no mesmo instante com as mesmas proporções e características, nota-se que com diferentes temperaturas de cura há uma diferença expressiva em sua carga de ruptura quando submetida a ensaios de compressão axial.

Para todas as idades e para todos os substratos analisados, somente quando curadas a temperatura intermediária, as argamassas atingiram a especificação da

norma NBR 13528 quanto à resistência de aderência à tração (0,3 MPa). Quanto a esse quesito, argamassas curadas em temperatura elevada apresentaram pior desempenho.

Para os ensaios realizados em corpos-de-prova, quando curados em temperatura baixa (T_1) obtiveram os menores acréscimos de resistência, enquanto que para as argamassas A_2 e A_3 , os maiores acréscimos ocorreram com a cura em temperatura intermediária.

b) Nível de absorção do substrato

Embora a análise de variância tenha indicado que exista uma diferença significativa entre os índices de absorção dos blocos cerâmicos, esta se mostrou bastante fraca, principalmente entre os índices baixo (S_1) e intermediário (S_2), e intermediário (S_2) e alto (S_3).

Verifica-se que para cada tipo de argamassa o melhor desempenho se deu em substratos de diferentes níveis de absorção de água: temperatura alta, índice de absorção baixo; temperatura intermediária, índice de absorção indiferente e temperatura baixa, índice de absorção intermediário.

O melhor ou pior desempenho das argamassas de revestimento é influenciado pelo nível de absorção do substrato a que é aplicada.

Para todas as argamassas e temperaturas de cura, o substrato de alto nível de absorção conduziu a menores resultados de resistência de aderência à tração.

Para os substratos de nível absorção baixo (S_1) e intermediário (S_2), a argamassa A_1 (industrializada) atingiu a resistência mínima (0,3 MPa) somente aos 120 dias de idade, enquanto que para o substrato de alto nível de absorção (S_3) essa resistência só não foi obtida aos 28 dias. Para as demais idades (60, 91 e 120 dias), esta ficou muito próxima a 0,3 MPa.

Pode-se observar que os substratos S_1 e S_2 , quando curados a temperatura intermediária, apresentam melhor desempenho quanto à aderência. Outro ponto a observar é que, para as idades mais avançadas, o maior valor de resistência de aderência ocorre com a temperatura T_2 e o substrato S_1 .

Desta forma, quanto à resistência de aderência, percebe-se que a temperatura de cura e o nível de absorção do substrato apresentam tendência inversamente proporcional. Tal fato pode ser relacionado à influência da temperatura de cura na velocidade de evaporação da água de amassamento da argamassa: quando alta, evaporação rápida; quando baixa, evaporação lenta ou retenção.

c) Tipo de argamassa

A argamassa produzida em obra com cal hidratada (A_2) apresentou melhor desempenho mecânico do ponto de vista de resistência de aderência à tração.

A argamassa industrializada (A_1), para qualquer temperatura de cura e substrato a que foi aplicada apresentou o pior desempenho entre as argamassas estudadas.

Em se tratando de uma temperatura de cura alta, a aplicação da argamassa industrializada seria pouco indicada visto que somente aos 91 dias superou com pequena proporção à resistência mínima especificada pela Norma NBR 13528 de 0,3 MPa.

As argamassas A_1 (industrializada) e A_3 (com aditivo) apresentaram, em geral, valores de resistência de aderência e tendência de comportamento muito semelhantes.

Quanto às conclusões dos objetivos secundários, tem-se:

d) Comparativo - argamassa com cal hidratada e argamassa com aditivo

Quanto à resistência de aderência à tração, a argamassa com cal hidratada apresentou melhor desempenho em relação à argamassa com aditivo para todas as temperaturas de cura, principalmente quando aplicada aos substratos de baixo e intermediário índice de absorção de água.

Já em se tratando de resistência à compressão axial, bem como resistência à tração por compressão diametral, ensaios realizados em corpos-de-prova, o comportamento observado a resistência de aderência se inverte, tendo a argamassa com aditivo melhor performance.

A argamassa com cal hidratada (A_2), em ensaios como corpos-de-prova, para todas as temperaturas de cura, apresentou maior densidade de massa aparente, seguida da argamassa com aditivo (A_3). Já no que se trata do nível de absorção de água, a ela corresponde pior desempenho quando relacionada à argamassa A_3 , portanto os maiores valores de absorção por capilaridade, conforme desempenho esperado de acordo com literatura da área.

O maior incremento de carga foi conferido a argamassa com cal hidratada (A_2) curada em temperatura mediana (T_2).

e) Argamassa produzida em obra x argamassa industrializada

Verifica-se uma significância bastante forte entre os tipos de argamassas, sendo que as preparadas em obra (A_2 e A_3) apresentam os maiores valores de resistência de aderência do que a argamassa industrializada (A_1).

As argamassas preparadas em obra, de maneira geral, apresentaram maiores valores de resistência de aderência quando aplicadas ao substrato S_1 de menor nível de absorção de água, enquanto que a argamassa industrializada apresentou melhor desempenho se aplicada ao substrato S_3 (maior índice de absorção) que apresenta um maior índice de absorção de água. Ao avaliar o desempenho de argamassas industrializadas quando aplicadas a diferentes substratos (S_1 , S_2 e S_3) observa-se significativas diferenças entre as resistências de aderência, indicando que o comportamento da argamassa industrializada não pode ser generalizado.

- f) comparação do desempenho mecânico das argamassas de revestimento quanto curadas em temperaturas diferentes da indicada pela norma;

Em se tratando dos três tipos de argamassas analisados e ainda quando submetidas às quatro temperaturas de cura, verifica-se uma grande diferença de valores de resistência à compressão axial. Nota-se que os CPs curados em temperatura baixa apresentaram menores acréscimos de resistência ao longo do tempo, enquanto que com exceção da argamassa A_1 , os maiores acréscimos ocorreram com a cura em temperatura intermediária.

Verifica-se que a taxa média de relação entre a resistência à compressão axial e a resistência à compressão diametral, para todas as condições de cura, foi de aproximadamente 13%. Ainda de acordo com os resultados obtidos confirma-se que a resistência à tração por compressão diametral cresce à medida que ocorre o aumento da resistência à compressão axial e possui um valor próximo a 10%.

Quanto à densidade de massa aparente no estado endurecido, observou-se que a temperatura de cura não exerce grande influência sobre este parâmetro, mas sim a composição da argamassa de revestimento.

Em se tratando de capacidade de absorção de água por capilaridade, para todas as temperaturas de cura, as argamassas apresentaram o mesmo o comportamento, ou seja: maior para a argamassa A_2 , intermediário para A_1 e inferior para A_3 .

- g) influência da interação da temperatura de cura e nível de absorção do substrato na aderência das argamassas de revestimento.

A temperatura T_2 (intermediária) apresenta resistências de aderência bastante superiores para todos os tipos de substratos a que foi ensaiada, tendo desempenho levemente superior para o substrato com índice de absorção baixo (S_1).

A partir da avaliação dos resultados apresentados, pode-se dizer que o tipo de cura tem grande influência no ganho de resistência de aderência das argamassas de revestimento.

Também é possível concluir que o maior crescimento da resistência de aderência quando a argamassa está aplicada a um substrato cerâmico, se dá nos primeiros 28 dias, depois ocorre um acréscimo, mas não há grande incremento de carga, mantendo os valores próximos aos obtidos em idades anteriormente estudadas.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho, com o intuito de contribuir ao melhor entendimento do comportamento das argamassas de revestimento, tentou suprir algumas lacunas dessa área, restando ainda diversas análises a serem realizadas. Assim, sugere-se a continuidade desta pesquisa em trabalhos futuros, pois com o conhecimento de novos resultados e traçando paralelos entre diversas análises, pode-se talvez melhorar a qualidade do produto final que existe hoje em nossa Região.

Deste modo, sugere-se a realização dos seguintes estudos:

- a) utilizar diferentes tipos de blocos a fim de verificar a influência destes no comportamento das argamassas de revestimento;
- b) expor os blocos a diferentes temperaturas com variações não discretas como foi realizado nesta pesquisa;
- c) utilizar tipos de argamassa industrializadas ou preparadas em obra com traços que não foram utilizados neste trabalho;
- d) modificar o nível de umidade relativa do ar a que foram submetidos os materiais ensaiados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard method of sampling and testing brick and structural clay tile.** ASTM C 67: Philadelphia.

ANGELIM, R.R. **Eficiência do preparo do substrato de blocos cerâmicos com solução de cal na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa.** In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

ANGELIM, R.R.; ANGELIM, S.C.M.; CARASEK, H. **Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa.** In: Anais - V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003.

ANJOS, M.A.S.; COSTA, C.M.C.; SOUZA, A.M.L.; COSTA, D.S. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de diferentes composições de argamassas utilizadas na cidade de Palmas-TO.** In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

ARAÚJO, G. A. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos.** Porto Alegre, 1996. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ARAÚJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens.** Vitória, 2001. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

ARAÚJO, M. J. **Influência do teor de aditivos aerantes nas propriedades das argamassas fluidas à base de cimento.** Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - **Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** NBR 13276: Rio de Janeiro, setembro, 1995.

_____. NBR NM 14: cimento portland: análise química – **método para determinação de dióxido de silício, óxido férrico, óxido de alumínio, óxido de cálcio e óxido de magnésio.** Rio de Janeiro, março, 2004.

_____. NM 15: cimento portland: análise química – **determinação de resíduo insolúvel.** Rio de Janeiro, março, 2004

_____. NM 16: cimento portland: análise química – **determinação de anidro sulfúrico.** Rio de Janeiro, março, 2004

_____. NM 18: cimento portland: análise química – **determinação de perda ao fogo.** Rio de Janeiro, março, 2004.

_____. NBR NM 52: agregado miúdo – **determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, julho, 2003.

_____. NBR 11579 MB3432: cimento portland – **determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200)**. Rio de Janeiro, julho, 1991.

_____. NBR NM 248: agregados – **determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, julho, 2003.

_____. NBR 6461 NB 53: bloco cerâmico para alvenaria – **verificação da resistência a compressão**. Rio de Janeiro, 1983.

_____. NBR 7171: blocos cerâmicos para alvenaria – **especificação**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 7200: execução de revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas – **procedimento**. Rio de Janeiro, agosto, 1998.

_____. NBR 7215: cimento portland – **determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, dezembro, 1996.

_____. NBR 7222 MB212: argamassa e concreto – **determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, março, 1994.

_____. NBR 7175 EB 153: cal hidratada para argamassas – **requisitos**. Rio de Janeiro, maio, 2003.

_____. NBR 8522 MB 1924: concreto - **determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação** – requisitos. Rio de Janeiro, dezembro, 2003.

_____. NBR 8947: telhas cerâmicas – **determinação da massa e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 1985.

_____. NBR 8042 PB 1008: bloco cerâmico para alvenaria – **formas e dimensões**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 9779 MB2612: argamassa e concreto endurecido – **determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, abril, 1995.

_____. NBR 9202 MB 2145: cimento portland e outros materiais em pó – **determinação da finura por meio da peneira 0,044 mm (número 325)**. Rio de Janeiro, dezembro, 1985.

_____. NBR 13277: argamassas para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – **determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, setembro, 2005.

_____. NBR 13278: argamassas para assentamento e revestimentos de paredes e tetos – **determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro, setembro, 2005.

_____. NBR 13279: argamassas para assentamento e revestimentos de paredes e tetos – **Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, setembro, 2005.

_____. NBR 13280: argamassas para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – **determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro, setembro, 2005.

_____. NBR 13528: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – **determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - **Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro, setembro, 2005.

_____. NBR 13529: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia**. Rio de Janeiro, novembro, 1995.

_____. NBR 13530: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Classificação** Rio de Janeiro, novembro, 1995.

_____. NBR 13749: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – **especificação**. Rio de Janeiro, dezembro, 1996

_____. NBR 11579 MB 3432: cimento portland – **determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200)**. Rio de Janeiro, julho, 1991.

BALAYSSAC, J., BASTOS, P., CINCOTTO M. A., DÉTRICHÉ, C. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas em argamassas de revestimento**. In: Ambiente Construído, v.2, n.2, p 57-70, abr/jun, ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2002.

BARROS, M.M.B.; SABBATINI, F.H. **Avaliação das características de alvenarias assentadas com argamassas industrializadas**. In: Anais - I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995.

BASTOS, P. **Módulo de deformação de argamassas – Conceito e Métodos de determinação**. In: Anais - V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo - SP, 2003.

BASTOS, P., CINCOTTO M. A. **Retração impedida da argamassa de revestimento causada pela aderência ao substrato**. In: Anais - II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.

BAUER, R.J.F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. In: Anais - II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.

BOLORINO, H., CINCOTTO M. A. **A influência do tipo de cimento nas argamassas**. In: Anais - II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.

BONIN, L.C. **Considerações sobre a elaboração de um vocabulário controlado para a tecnologia de argamassas**. In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

CANDIA, M.C. FRANCO, L.S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**, São Paulo: EPUSP, 1998. BT/PCC/223 -

Boletim técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.

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.** São Paulo, 1996. 285p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CARASEK, H. **Ensaio de aderência para revestimento de argamassa,** In: Anais da XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural. Porto Alegre, RS, 1991.

CARASEK, H.; CAMPAGNOLO, J.L. **Aderência de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural,** In: Anais – 10 Encontro Nacional Construção. Gramado, RS, 1990.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M.B. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa,** In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Brasília, DF, 2001.

CARASEK, H.; SCARTEZINI, L.M.B. **Evolução da resistência de aderência dos revestimentos de argamassa mista,** In: Anais - III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Vitória, ES, 1999.

CARASEK, H., CASCUDO, O., ANTONELLI, G., TEIXEIRA, F., LINHARES, H., JUCÁ, T., SCARTEZINI, L. **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água nos revestimentos de argamassa,** Goiânia, abril. 2002.

CARNEIRO, A.M.P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas.** São Paulo, 1999. 170p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CARNEIRO, A.M.P. **Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia - sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre.** Porto Alegre, 1993. 85p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARVALHO JR., A.N.; BRANDÃO, P.R.G.; FREITAS, J.M.C. **Relação entre a resistência de aderência de revestimento de argamassa e o perfil de penetração de pasta de aglomerante nos poros do bloco cerâmico,** In: Anais – VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** Tecnologia de edificações. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1988

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M.A.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – Boletim 68, 1995

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Manual de Revestimentos.** Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. São Paulo, 2003

COSTA, F.N. **Processo de Execução de Revestimento de Fachada de Argamassa: Problemas e Oportunidades de Melhoria**, Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FALCÃO BAUER, R.J.; RAGO, F. **Influência da variação do índice de consistência nas propriedades das argamassas industrializadas**, In: Anais – III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Vitória, 1999.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudo e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

GEYER, R.T.M. **Influência do choque térmico na aderência de azulejos ao substrato**. Porto Alegre, 1994. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GONÇALVES, S.R.C.; BAUER, E. **Estudo de caso da variação da resistência de aderência a tração em uma parede**, In: Anais – VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

JOHN, V.; CINCOTTO, M.A.; GUIMARÃES, J. RAGO, F. **Cal x aditivos orgânicos**, In: *Téchne* n. 11 pg 25-28 -.jul./ago São Paulo, SP, 1994

JOISEL, A. **Fisuras y grietas em morteros y hormigones: sus causas y remedios**. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1981.

MARTINELLI, F.A. **Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias**, São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.

MARTINS NETO, A.A.A., DJANIKIAN, J.G. **Aspectos do desempenho da argamassa dosada em central**, São Paulo: EPUSP, 1999. BT/PCC/235 - Boletim técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.

MATTOS, L. **Identificação e caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém-PA**, Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

MENDES, C.; RICHTER, C.; MISSKOPFT, D. **Avaliação da aderência de diferentes tipos de argamassas de revestimento em blocos cerâmicos estruturais**, Trabalho acadêmico, Porto Alegre, 2004. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

- MIBIELLI, J.G. **Estudo da aderência de revestimentos cerâmicos externos**, Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC..
- MOHAMAD, G.; RIZZATTI, E.; ROMAN, H.R. **Estudo das argamassas de revestimento aditivadas em relação às de cal**, In: Anais – IV Congresso de Engenharia Civil. v1 – p 489 - 497 Rio de Janeiro, 2000.
- MURRAY, I. **The adhesion of cementitious render to a brick background**. Building Research Establishment, 1983.
- PAES, I.L., BAUER, E; CARASEK, H. **Influencia da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos** In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.
- PEREIRA, P.C.; CARASEK, H; FRANCINETE JR., P.; **Influencia da cura no desempenho dos revestimentos com argamassas inorgânicas** In: Anais - VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.
- PEREIRA, P.C.; IKEDA, J; IKEDA, N.; CAMPOS, C.; TEIXEIRA, L.; CARASEK, H. **Teor de cimento ou a/c: quem exerce maior influência na resistência de aderência?** In: Anais - III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Vitória, 1999.
- POSSAN, E., GAVA, G. P.; COURI PETRAUSKI, S.M.F. **Estudo comparativo do desempenho de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas em diferentes substratos**. In: Anais - IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2002, Foz do Iguaçu, 2002.
- RAGO, F., CINCOTTO, M.A. **A influência do tipo de cal hidratada na reologia de pastas**, São Paulo: EPUSP, 1998. BT/PCC/223 - Boletim técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.
- RAGO, F., CINCOTTO, M.A. **A reologia da pasta de cimento e a influência da cal** In: Anais - I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Goiânia, 1995.
- REGATTIERI, C.E.; SILVA, L.L.R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**, In: Anais - V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, SP, 2003.
- SABBATINI, F.H. **Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas**, In: Anais – 13.º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. Campinas, SP, 1990.
- SALVADOR, G.A.B. **Otimização da distribuição granulométrica do agregado miúdo para o uso de revestimentos de argamassa na cidade de Santana do Livramento/RS**, Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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, Goiânia, 2002. Dissertação (Mestrado) – CMEC – Universidade Federal de Goiás.

SCARTEZINI, L.M.B.; CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas**, In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, SP, 2003.

SCARTEZINI, L.M.B.; JUCÁ, T.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa**. In: Ambiente Construído, v.2, n.2, p 85-92, abr/jun, ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2002.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SEMA. **A qualidade do ar em Porto Alegre**. Manuel Luiz Leite Zurita e Alessandra Moschem Tolfo (Org.). Porto Alegre, 2000. 92p.

SELMO, S.M. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**, São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo.

SELMO, S.M.; MORAIS, F.L.; TAKEASHI, M. **Estudo da fissuração em revestimentos de argamassa mista com traço padrão e diferentes condições de preparo e aplicação**. In: Anais: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Vitória, ES, 1999.

SILVA, C.; NAKAKURA, E. **A utilização de argamassa de revestimento em obras de pequeno porte – Avaliação de estudo de caso de argamassa preparada em obra x argamassa industrializada**, In: Anais - IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Brasília, DF, 2001.

SIQUEIRA, N.M.; CINCOTTO, M.A.; JOHN, V. **Influência da fração carbonática da cal hidratada no desempenho de rebocos**, In: Anais – ENTAC 93 – Avanços da Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. São Paulo, SP, 1993. v.1, p 241-260.

SOUZA, J.G.G., BAUER, E. **Contribuição ao estudo da trabalhabilidade das argamassas mistas**, In: Anais - V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, SP, 2003.

TANIGUTI, E.; MOTA, E.; NAKAKURA, E. **Programa de melhorias em revestimento de argamassas**, In: Anais – VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

TAUBE, C. R.; GAVA, G.P.; COURI PETRAUSKI, S.M.F. **Avaliação das propriedades de uma argamassa de revestimento industrializada em comparação a uma argamassa produzida em obra**. In: Anais – V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J.F.; RIBEIRO, F.A.; BARROS, M.M.B.; SABBATINI, F.H. **Avaliação da influência das condições de execução do emboço na resistência de**

aderência do revestimento cerâmico externo. In: Anais – VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

TRISTÃO, F.A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**, Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

TRISTÃO, F.A.; ROMAN, H.R.; VALDAMERI, C.Z.; MESACASA, C. **Uso de areia industrial de basalto em argamassas de revestimento**, In: Anais – VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.

VEIGA, M.R. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**, In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, SP, 2003.

VIEIRA, F.M.P. et al. **Desenvolvimento de Procedimentos para avaliação de aderência de argamassas de revestimento**, In: CD da Comunidade da Construção. Porto Alegre, RS, 2005.

Anexo 1 – Ensaio de caracterização dos blocos cerâmicos

Anexo 2 – Ensaio de caracterização das argamassas de revestimentos no estado endurecido

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	7,20	10,00	49,75	1943,91	3,7	3,7	3,7	3,6
CP ₂	7,95	10,00	50,20	1979,23	4,0		4,0*	
CP ₃	6,85	10,00	49,75	1943,91	3,5		3,5	
CP ₄	7,10	10,00	50,80	2026,83	3,5		3,5	
14 dias								
CP ₁	9,30	10,00	50,05	1967,42	4,7	4,1	4,7	4,5
CP ₂	8,90	10,00	50,95	2038,82	4,4		4,4	
CP ₃	6,60	10,00	51,25	2062,90	3,2		3,2*	
CP ₄	8,40	10,00	50,05	1967,42	4,3		4,3	
28 dias								
CP ₁	9,97	10,00	50,29	1986,34	5,0	4,4	5,0	4,8
CP ₂	8,49	10,00	49,13	1895,37	4,5		4,5	
CP ₃	6,70	10,00	50,37	1992,27	3,4		3,4*	
CP ₄	9,80	10,00	50,31	1987,92	4,9		4,9	
60 dias								
CP ₁	8,87	10,00	49,71	1940,39	4,6	5,0	4,6	4,9
CP ₂	10,92	10,00	50,81	2027,63	5,4		5,4*	
CP ₃	9,92	10,00	50,00	1963,10	5,1		5,1	
CP ₄	9,77	10,00	50,03	1965,85	5,0		5,0	
91 dias								
CP ₁	10,97	10,00	50,68	2016,87	5,4	5,9	5,4*	6,0
CP ₂	10,97	10,00	49,83	1949,77	5,6		5,6	
CP ₃	11,82	10,00	49,68	1938,05	6,1		6,1	
CP ₄	12,52	10,00	50,28	1985,15	6,3		6,3	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	7,00	10,00	50,30	1987,13	3,5	3,2	3,5	3,4
CP ₂	5,40	10,00	49,75	1943,91	2,8		2,8*	
CP ₃	6,40	10,00	48,95	1881,89	3,4		3,4	
CP ₄	6,40	10,00	50,50	2002,96	3,2		3,2	
14 dias								
CP ₁	7,60	10,00	50,20	1979,23	3,8	3,5	3,8	3,6
CP ₂	6,90	10,00	49,75	1943,91	3,5		3,5	
CP ₃	6,10	10,00	49,85	1951,73	3,1		3,1*	
CP ₄	6,60	10,00	49,95	1959,57	3,4		3,4	
28 dias								
CP ₁	8,60	10,00	50,62	2012,49	4,3	4,0	4,3	4,6
CP ₂	6,33	10,00	50,82	2028,03	3,1		3,1*	
CP ₃	7,50	10,00	51,44	2077,82	3,6		3,6*	
CP ₄	9,90	10,00	50,84	2030,02	4,9		4,9	
60 dias								
CP ₁	13,61	10,00	49,81	1948,60	7,0	6,4	7,0*	6,2
CP ₂	11,71	10,00	49,75	1943,91	6,0		6,0	
CP ₃	11,92	10,00	50,05	1967,03	6,1		6,1	
CP ₄	12,51	10,00	49,91	1956,04	6,4		6,4	
91 dias								
CP ₁	8,95	10,00	49,28	1906,97	4,7	6,4	4,7*	7,0
CP ₂	13,82	10,00	50,45	1999,00	6,9		6,9	
CP ₃	12,67	10,00	50,05	1967,42	6,4		6,4	
CP ₄	14,65	10,00	49,75	1943,91	7,5		7,5	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

temperatura de cura - mediana ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	7,55	10,00	50,15	1975,29	3,8	4,3	14,8	3,9
CP ₂	9,65	10,00	49,75	1943,91	5,0			
CP ₃	7,75	10,00	49,75	1943,91	4,0			
CP ₄	8,90	10,00	50,05	1967,42	4,5			
14 dias								
CP ₁	8,90	10,00	51,25	2062,90	4,3	5,4	23,4	4,6
CP ₂	13,00	10,00	50,00	1963,50	6,6			
CP ₃	10,80	10,00	49,65	1936,10	5,6			
CP ₄	10,12	10,00	51,00	2042,82	5,0			
28 dias								
CP ₁	7,01	10,00	50,88	2033,22	3,4	5,3	34,3	5,5
CP ₂	10,00	10,00	50,79	2026,03	4,9			
CP ₃	12,91	10,00	50,25	1982,78	6,5			
CP ₄	12,53	10,00	51,09	2050,04	6,1			
60 dias								
CP ₁	12,80	10,00	50,00	1963,50	6,5	6,6	27,1	6,4
CP ₂	9,81	10,00	49,17	1898,46	5,2			
CP ₃	12,22	10,00	50,00	1963,50	6,2			
CP ₄	16,91	10,00	50,81	2027,63	8,3			
91 dias								
CP ₁	11,82	10,00	49,08	1891,52	6,2	6,7	6,0	6,7
CP ₂	12,95	10,00	49,02	1886,90	6,9			
CP ₃	11,90	10,00	49,18	1899,23	6,3			
CP ₄	13,75	10,00	49,22	1902,71	7,2			

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

temperatura de cura - alta ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	8,10	10,00	50,10	1971,36	4,1	4,1	9,8	4,0
CP ₂	7,85	10,00	49,70	1940,00	4,0			
CP ₃	7,40	10,00	49,75	1943,91	3,8			
CP ₄	8,85	10,00	49,90	1955,65	4,5			
14 dias								
CP ₁	8,90	10,00	51,88	2113,52	4,2	4,3	9,2	4,2
CP ₂	9,70	10,00	51,40	2074,99	4,7			
CP ₃	8,50	10,00	50,75	2022,84	4,2			
CP ₄	8,36	10,00	51,34	2070,15	4,0			
28 dias								
CP ₁	7,99	10,00	49,13	1895,37	4,2	4,2	2,0	4,2
CP ₂	7,76	10,00	49,04	1888,44	4,1			
CP ₃	7,98	10,00	48,76	1866,93	4,3			
CP ₄	7,90	10,00	49,08	1891,90	4,2			
60 dias								
CP ₁	7,62	10,00	49,48	1922,48	4,0	4,4	4,6	4,4
CP ₂	8,12	10,00	49,87	1953,30	4,2			
CP ₃	9,57	10,00	50,66	2015,28	4,7			
CP ₄	9,12	10,00	50,44	1998,20	4,6			
91 dias								
CP ₁	10,80	10,00	50,93	2036,82	5,3	5,3	10,6	5,5
CP ₂	11,95	10,00	51,05	2046,83	5,8			
CP ₃	8,97	10,00	49,03	1887,67	4,8			
CP ₄	10,50	10,00	49,89	1954,87	5,4			

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	2,20	10,00	50,00	1963,50	1,1	1,9	40%	1,1*
CP ₂	3,80	10,00	50,00	1963,50	1,9			1,9
CP ₃	3,80	10,00	50,00	1963,50	1,9			1,9
CP ₄	4,90	10,00	50,00	1963,50	2,5			2,5
14 dias								
CP ₁	4,38	10,00	49,89	1954,47	2,2	2,3	28%	2,2
CP ₂	3,64	10,00	50,02	1964,67	1,9			1,9*
CP ₃	5,80	10,00	49,67	1937,27	3,0			3,0*
CP ₄	4,65	10,00	50,91	2035,62	2,3			2,3
28 dias								
CP ₁	6,82	10,00	50,98	2041,22	3,3	3,2	7%	3,3
CP ₂	6,72	10,00	50,01	1964,28	3,4			3,4
CP ₃	5,75	10,00	49,92	1957,22	2,9			2,9*
CP ₄	6,06	10,00	50,97	2040,42	3,0			3,0
60 dias								
CP ₁	8,92	10,00	49,56	1928,70	4,6	4,7	18%	4,6
CP ₂	8,72	10,00	49,94	1958,79	4,5			4,5
CP ₃	10,71	10,00	49,61	1932,98	5,5			5,5*
CP ₄	8,42	10,00	50,90	2034,42	4,1			4,1
91 dias								
CP ₁	8,93	10,00	50,72	2020,05	4,4	4,5	4%	4,4
CP ₂	8,70	10,00	49,25	1904,65	4,6			4,6
CP ₃	8,82	10,00	50,89	2033,62	4,3			4,3
CP ₄	9,77	10,00	51,49	2081,86	4,7			4,7

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	3,40	10,00	50,00	1963,50	1,7	1,8	5%	1,7
CP ₂	3,80	10,00	50,00	1963,50	1,9			1,9
CP ₃	3,50	10,00	50,00	1963,50	1,8			1,8
CP ₄	3,80	10,00	50,00	1963,50	1,9			1,9
14 dias								
CP ₁	4,22	10,00	49,78	1945,86	2,2	2,1	12%	2,2
CP ₂	3,80	10,00	51,09	2049,64	1,9			1,9*
CP ₃	4,41	10,00	50,18	1977,26	2,2			2,2
CP ₄	4,29	10,00	49,94	1958,39	2,2			2,2
28 dias								
CP ₁	4,72	10,00	49,91	1956,04	2,4	2,6	22%	2,4
CP ₂	5,22	10,00	50,10	1971,36	2,6			2,6*
CP ₃	4,20	10,00	49,84	1950,56	2,2			2,2
CP ₄	6,30	10,00	50,24	1982,39	3,2			3,2*
60 dias								
CP ₁	7,15	10,00	50,79	2025,63	3,5	3,8	8%	3,5
CP ₂	7,95	10,00	51,05	2046,43	3,9			3,9
CP ₃	7,51	10,00	50,74	2021,65	3,7			3,7
CP ₄	7,95	10,00	49,72	1941,57	4,1			4,1*
91 dias								
CP ₁	7,75	10,00	49,81	1948,60	4,0	4,1	6%	4,0
CP ₂	7,65	10,00	49,91	1956,04	3,9			3,9
CP ₃	8,93	10,00	51,88	2113,93	4,2			4,2
CP ₄	8,82	10,00	50,63	2012,89	4,4			4,4

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - mediana ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	5,40	10,00	50,00	1963,50	2,8	2,3	2,8*	2,0
CP ₂	4,20	10,00	50,00	1963,50	2,1		2,1	
CP ₃	3,70	10,00	50,00	1963,50	1,9		1,9	
CP ₄	4,50	10,00	50,00	1963,50	2,3		2,3*	
14 dias								
CP ₁	5,42	10,00	51,13	2052,85	2,6	3,2	2,6*	3,2
CP ₂	6,90	10,00	51,05	2046,83	3,4		3,4	
CP ₃	6,06	10,00	50,59	2010,11	3,0		3,0	
CP ₄	7,50	10,00	49,82	1949,38	3,8		3,8*	
28 dias								
CP ₁	8,74	10,00	50,22	1980,81	4,4	3,9	4,4	4,2
CP ₂	8,07	10,00	50,23	1981,21	4,1		4,1	
CP ₃	8,16	10,00	50,99	2042,02	4,0		4,0	
CP ₄	6,15	10,00	49,98	1961,53	3,1		3,1*	
60 dias								
CP ₁	9,90	10,00	49,49	1923,26	5,1	4,7	5,1	4,9
CP ₂	10,65	10,00	50,98	2041,22	5,2		5,2	
CP ₃	8,77	10,00	50,17	1976,48	4,4		4,4	
CP ₄	8,15	10,00	50,88	2032,82	4,0		4,0*	
91 dias								
CP ₁	9,86	10,00	51,28	2065,31	4,8	5,0	4,8	5,0
CP ₂	9,85	10,00	49,85	1951,73	5,0		5,0	
CP ₃	10,65	10,00	51,33	2069,34	5,1		5,1	
CP ₄	9,75	10,00	50,55	2006,53	4,9		4,9	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - alta ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	5,00	10,00	50,00	1963,50	2,5	2,5	2,5	2,4
CP ₂	5,50	10,00	50,00	1963,50	2,8		2,8*	
CP ₃	4,60	10,00	50,00	1963,50	2,3		2,3	
CP ₄	4,70	10,00	50,00	1963,50	2,4		2,4	
14 dias								
CP ₁	4,90	10,00	49,74	1942,74	2,5	2,6	2,5	2,6
CP ₂	4,70	10,00	50,97	2040,02	2,3		2,3*	
CP ₃	5,32	10,00	50,94	2037,62	2,6		2,6	
CP ₄	5,63	10,00	50,02	1965,07	2,9		2,9*	
28 dias								
CP ₁	6,65	10,00	50,03	1965,85	3,4	2,8	3,4*	2,8
CP ₂	4,47	10,00	49,92	1957,22	2,3		2,3*	
CP ₃	6,06	10,00	50,80	2026,83	3,0		3,0	
CP ₄	5,52	10,00	50,98	2040,82	2,7		2,7	
60 dias								
CP ₁	5,91	10,00	50,82	2028,03	2,9	2,8	2,9	2,9
CP ₂	5,77	10,00	50,84	2030,02	2,8		2,8	
CP ₃	4,97	10,00	50,93	2037,22	2,4		2,4*	
CP ₄	5,98	10,00	50,49	2001,77	3,0		3,0	
91 dias								
CP ₁	7,65	10,00	50,01	1964,28	3,9	3,9	3,9	3,9
CP ₂	7,75	10,00	50,05	1967,03	3,9		3,9	
CP ₃	7,65	10,00	50,03	1965,46	3,9		3,9	
CP ₄	7,97	10,00	51,47	2080,65	3,8		3,8	

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	10,20	10,00	50,13	1973,33	5,2	5,1	0,8	5,2
CP ₂	10,20	10,00	50,85	2030,82	5,0			5,2
CP ₃	10,24	10,00	50,19	1978,05	5,2			5,2
CP ₄	10,24	10,00	50,36	1991,87	5,1			5,2
14 dias								
CP ₁	11,91	10,00	50,98	2041,22	5,8	6,1	18,3	5,8
CP ₂	14,52	10,00	50,73	2021,25	7,2			7,2*
CP ₃	11,82	10,00	51,01	2043,22	5,8			5,8
CP ₄	11,21	10,00	51,00	2042,82	5,5			5,5
28 dias								
CP ₁	18,72	10,00	50,33	1989,10	9,4	8,1	30,7	9,4
CP ₂	16,60	10,00	50,32	1988,71	8,3			8,3
CP ₃	11,22	10,00	50,51	2003,36	5,6			5,6*
CP ₄	17,70	10,00	50,07	1969,00	9,0			9,0
60 dias								
CP ₁	21,97	10,00	50,12	1972,93	11,1	9,7	15,2	11,1*
CP ₂	17,80	10,00	50,76	2023,64	8,8			8,8
CP ₃	20,92	10,00	51,62	2092,79	10,0			10,0
CP ₄	16,95	10,00	49,67	1937,66	8,7			8,7
91 dias								
CP ₁	19,55	10,00	51,08	2049,23	9,5	9,3	2,5	9,5
CP ₂	18,91	10,00	51,23	2061,29	9,2			9,2
CP ₃	18,77	10,00	51,31	2067,73	9,1			9,1
CP ₄	19,10	10,00	50,75	2022,84	9,4			9,4

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	11,50	10,00	50,60	2010,90	5,7	6,1	11,6	5,7
CP ₂	12,45	10,00	51,10	2050,84	6,1			6,1
CP ₃	11,60	10,00	50,48	2000,98	5,8			5,8
CP ₄	13,50	10,00	50,25	1983,18	6,8			6,8*
14 dias								
CP ₁	12,62	10,00	49,85	1951,73	6,5	6,5	23,4	6,5
CP ₂	10,72	10,00	51,15	2054,45	5,2			5,2*
CP ₃	12,80	10,00	50,95	2038,82	6,3			6,3
CP ₄	15,90	10,00	50,26	1983,97	8,0			8,0*
28 dias								
CP ₁	20,20	10,00	50,33	1989,10	10,2	9,1	11,9	10,2*
CP ₂	16,40	10,00	50,40	1994,64	8,2			8,2
CP ₃	16,20	10,00	50,84	2029,62	8,0			8,0*
CP ₄	20,07	10,00	50,67	2016,47	10,0			10,0
60 dias								
CP ₁	24,97	10,00	51,12	2052,45	12,2	11,4	11,1	12,2*
CP ₂	20,87	10,00	49,72	1941,57	10,7			10,7
CP ₃	25,85	10,00	50,91	2035,62	12,7			12,7*
CP ₄	19,95	10,00	50,10	1970,96	10,1			10,1
91 dias								
CP ₁	20,87	10,00	49,54	1927,53	10,8	11,6	15,7	10,8
CP ₂	20,15	10,00	50,17	1976,87	10,2			10,2
CP ₃	26,64	10,00	50,28	1985,55	13,4			13,4*
CP ₄	23,91	10,00	50,47	2000,58	12,0			12,0

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	10,20	10,00	50,13	1973,33	5,2	5,1	0,8	5,2
CP ₂	10,20	10,00	50,85	2030,82	5,0			5,2
CP ₃	10,24	10,00	50,19	1978,05	5,2			5,2
CP ₄	10,24	10,00	50,36	1991,87	5,1			5,2
14 dias								
CP ₁	11,91	10,00	50,98	2041,22	5,8	6,1	18,3	5,8
CP ₂	14,52	10,00	50,73	2021,25	7,2			7,2*
CP ₃	11,82	10,00	51,01	2043,22	5,8			5,8
CP ₄	11,21	10,00	51,00	2042,82	5,5			5,5
28 dias								
CP ₁	18,72	10,00	50,33	1989,10	9,4	8,1	30,7	9,4
CP ₂	16,60	10,00	50,32	1988,71	8,3			8,3
CP ₃	11,22	10,00	50,51	2003,36	5,6			5,6*
CP ₄	17,70	10,00	50,07	1969,00	9,0			9,0
60 dias								
CP ₁	21,97	10,00	50,12	1972,93	11,1	9,7	15,2	11,1*
CP ₂	17,80	10,00	50,76	2023,64	8,8			8,8
CP ₃	20,92	10,00	51,62	2092,79	10,0			10,0
CP ₄	16,95	10,00	49,67	1937,66	8,7			8,7
91 dias								
CP ₁	19,55	10,00	51,08	2049,23	9,5	9,3	2,5	9,5
CP ₂	18,91	10,00	51,23	2061,29	9,2			9,2
CP ₃	18,77	10,00	51,31	2067,73	9,1			9,1
CP ₄	19,10	10,00	50,75	2022,84	9,4			9,4

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL - segundo a NBR 13279

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão máx. (%)	resistência (MPa)	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	11,50	10,00	50,60	2010,90	5,7	6,1	11,6	5,7
CP ₂	12,45	10,00	51,10	2050,84	6,1			6,1
CP ₃	11,60	10,00	50,48	2000,98	5,8			5,8
CP ₄	13,50	10,00	50,25	1983,18	6,8			6,8*
14 dias								
CP ₁	12,62	10,00	49,85	1951,73	6,5	6,5	23,4	6,5
CP ₂	10,72	10,00	51,15	2054,45	5,2			5,2*
CP ₃	12,80	10,00	50,95	2038,82	6,3			6,3
CP ₄	15,90	10,00	50,26	1983,97	8,0			8,0*
28 dias								
CP ₁	20,20	10,00	50,33	1989,10	10,2	9,1	11,9	10,2*
CP ₂	16,40	10,00	50,40	1994,64	8,2			8,2
CP ₃	16,20	10,00	50,84	2029,62	8,0			8,0*
CP ₄	20,07	10,00	50,67	2016,47	10,0			10,0
60 dias								
CP ₁	24,97	10,00	51,12	2052,45	12,2	11,4	11,1	12,2*
CP ₂	20,87	10,00	49,72	1941,57	10,7			10,7
CP ₃	25,85	10,00	50,91	2035,62	12,7			12,7*
CP ₄	19,95	10,00	50,10	1970,96	10,1			10,1
91 dias								
CP ₁	20,87	10,00	49,54	1927,53	10,8	11,6	15,7	10,8
CP ₂	20,15	10,00	50,17	1976,87	10,2			10,2
CP ₃	26,64	10,00	50,28	1985,55	13,4			13,4*
CP ₄	23,91	10,00	50,47	2000,58	12,0			12,0

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	4,60	100,66	49,08	1891,52	0,62	5%	0,59	0,62
CP ₂	5,10	99,57	50,63	2013,29			0,64	
CP ₃	4,80	99,27	49,26	1905,81			0,63	
CP ₄	4,90	99,51	49,66	1936,49			0,63	
28 dias								
CP ₁	5,90	102,20	51,62	2092,79	0,62	15%	0,71	0,62
CP ₂	4,60	99,46	49,70	1940,00			0,59	
CP ₃	4,25	99,47	49,63	1934,15			0,55	
60 dias								
CP ₁	5,65	100,90	49,97	1960,75	0,75	23%	0,71	0,66
CP ₂	7,42	100,46	51,22	2060,48			0,92	
CP ₃	4,82	101,15	49,70	1939,61			0,61	
91 dias								
CP ₁	6,65	106,77	49,74	1943,13	0,88	11%	0,80	0,88
CP ₂	7,87	101,65	49,99	1962,71			0,99	
CP ₃	6,97	101,65	50,16	1975,69			0,87	

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	4,50	99,49	51,10	2050,44	0,52	12%	0,56	0,52
CP ₂	4,60	99,36	50,85	2030,82			0,58	
CP ₃	3,70	100,74	49,31	1909,68			0,47	
CP ₄	3,60	101,19	49,14	1896,53			0,46	
28 dias								
CP ₁	4,40	98,15	48,15	1820,88	0,70	15%	0,59	0,70
CP ₂	5,95	100,29	50,21	1980,02			0,75	
CP ₃	6,00	99,31	51,19	2058,07			0,75	
60 dias								
CP ₁	7,15	100,62	49,88	1953,69	0,88	4%	0,91	0,88
CP ₂	6,72	101,77	49,88	1953,69			0,84	
CP ₃	7,15	101,26	51,12	2052,04			0,88	
91 dias								
CP ₁	7,87	99,75	50,08	1969,78	1,03	10%	1,00	1,03
CP ₂	8,82	100,64	49,47	1922,09			1,13	
CP ₃	7,67	100,42	50,96	2039,22			0,95	

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA temperatura de cura - mediana ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	2,50	101,33	49,72	1941,57	0,32	0,42	38%	0,32
CP ₂	2,70	101,54	49,83	1950,17	0,34			
CP ₃	3,40	99,92	50,33	1989,50	0,43			
CP ₄	4,60	99,31	51,33	2068,94	0,57			
28 dias								
CP ₁	4,76	101,17	49,29	1907,74	0,61	0,70	14%	0,61
CP ₂	6,34	99,12	51,38	2072,97	0,79			
CP ₃	5,46	99,90	50,13	1973,72	0,69			
60 dias								
CP ₁	5,30	100,27	50,00	1963,50	0,67	0,76	13%	0,67
CP ₂	6,15	105,86	50,00	1963,50	0,74			
CP ₃	7,05	101,96	51,41	2075,80	0,86			
91 dias								
CP ₁	8,87	99,98	50,97	2040,02	1,11	1,01	10%	1,11
CP ₂	7,65	100,16	50,86	2031,62	0,96			
CP ₃	7,75	101,88	50,12	1972,93	0,97			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA temperatura de cura - alta ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	5,20	99,41	50,90	2034,42	0,65	0,58	14%	0,65
CP ₂	4,20	100,65	49,12	1894,99	0,54			
CP ₃	4,10	101,08	49,51	1924,81	0,52			
CP ₄	4,70	100,53	50,56	2007,33	0,59			
28 dias								
CP ₁	4,55	100,53	49,32	1910,06	0,58	0,66	15%	0,58
CP ₂	5,11	100,68	50,40	1995,04	0,64			
CP ₃	6,05	99,53	50,88	2033,22	0,76			
60 dias								
CP ₁	4,65	101,68	50,24	1982,39	0,58	0,67	13%	0,58
CP ₂	5,95	99,56	50,48	2000,98	0,75			
CP ₃	5,50	101,77	50,90	2034,82	0,68			
91 dias								
CP ₁	6,65	101,69	50,50	2002,96	0,82	0,81	8%	0,82
CP ₂	5,97	100,35	50,99	2042,02	0,74			
CP ₃	6,82	100,76	50,87	2032,02	0,85			

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	2,22	99,74	51,14	2053,65	0,28	0,26	8%	0,28
CP ₂	2,11	100,30	51,20	2058,47	0,26			
CP ₃	1,94	99,71	49,70	1939,61	0,25			
CP ₄	1,92	100,75	50,09	1970,57	0,24			
28 dias								
CP ₁	2,02	100,21	51,70	2098,88	0,25	0,27	8%	0,25
CP ₂	2,20	99,98	49,94	1958,39	0,28			
CP ₃	2,20	100,10	50,02	1964,67	0,28			
60 dias								
CP ₁	3,77	99,63	50,98	2041,22	0,47	0,47	0%	0,47
CP ₂	3,65	100,47	49,70	1940,00	0,47			
CP ₃	3,75	99,87	51,10	2050,84	0,47			
91 dias								
CP ₁	4,65	100,70	49,98	1961,92	0,59	0,60	2%	0,59
CP ₂	4,77	99,50	51,16	2055,26	0,60			
CP ₃	4,87	100,21	51,00	2042,42	0,61			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	1,58	100,04	50,89	2034,02	0,20	0,19	6%	0,20
CP ₂	1,39	100,38	49,64	1935,32	0,18			
CP ₃	1,64	99,92	51,02	2044,02	0,20			
CP ₄	1,50	99,74	49,57	1929,87	0,19			
28 dias								
CP ₁	2,12	99,99	50,15	1975,29	0,27	0,31	13%	0,27
CP ₂	2,52	100,12	49,92	1956,83	0,32			
CP ₃	2,65	100,10	49,99	1962,71	0,34			
60 dias								
CP ₁	3,85	100,53	51,70	2099,28	0,47	0,48	3%	0,47
CP ₂	3,65	100,51	50,05	1967,42	0,46			
CP ₃	3,90	99,40	50,10	1971,36	0,50			
91 dias								
CP ₁	3,97	99,32	50,95	2038,42	0,50	0,49	4%	0,50
CP ₂	3,75	99,42	50,86	2031,62	0,47			
CP ₃	3,95	99,83	50,71	2019,65	0,50			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - mediana ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	1,72	100,04	51,62	2092,39	0,21	0,20	13%	0,21
CP ₂	1,31	99,98	49,71	1940,39	0,17			
CP ₃	1,82	99,90	50,91	2035,22	0,23			
CP ₄	1,59	99,39	50,96	2039,62	0,20			
28 dias								
CP ₁	3,90	101,04	51,90	2115,15	0,47	0,43	12%	0,47
CP ₂	2,92	100,00	49,33	1911,23	0,38			
CP ₃	3,42	99,95	49,40	1916,65	0,44			
60 dias								
CP ₁	3,82	99,68	50,30	1987,13	0,49	0,48	3%	0,49
CP ₂	3,67	99,43	50,13	1973,72	0,47			
CP ₃	3,95	100,18	50,17	1976,87	0,50			
91 dias								
CP ₁	3,95	100,12	49,93	1958,00	0,50	0,55	8%	0,50
CP ₂	4,25	99,75	49,96	1960,36	0,54			
CP ₃	4,67	100,01	49,86	1952,12	0,60			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM CAL

temperatura de cura - alta ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	2,54	99,90	50,91	2035,22	0,32	0,28	15%	0,32
CP ₂	2,06	100,49	49,94	1958,79	0,26			
CP ₃	2,09	101,14	49,78	1946,25	0,26			
CP ₄	2,10	98,23	50,98	2040,82	0,27			
28 dias								
CP ₁	2,12	99,82	50,02	1964,67	0,27	0,31	12%	0,27
CP ₂	2,52	100,63	50,17	1976,48	0,32			
CP ₃	2,65	99,78	50,94	2037,62	0,33			
60 dias								
CP ₁	2,70	99,76	51,23	2061,29	0,34	0,36	5%	0,34
CP ₂	2,95	99,71	49,97	1961,14	0,38			
CP ₃	2,85	100,73	50,16	1976,08	0,36			
91 dias								
CP ₁	2,77	99,20	49,98	1961,53	0,36	0,39	12%	0,36
CP ₂	2,97	99,20	49,47	1922,09	0,39			
CP ₃	3,45	99,28	50,03	1965,46	0,44			

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - conforme normalização

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	8,85	99,92	50,56	2007,72	1,12	1,01	13%	1,12
CP ₂	7,81	100,05	50,29	1986,34	0,99			
CP ₃	8,27	100,02	49,64	1935,32	1,06			
CP ₄	7,07	100,32	50,85	2030,82	0,88			
28 dias								
CP ₁	8,25	100,05	50,01	1963,89	1,05	1,08	5%	1,05
CP ₂	8,92	100,07	50,05	1967,03	1,13			
CP ₃	8,27	100,01	49,89	1954,47	1,06			
60 dias								
CP ₁	8,95	98,91	50,29	1986,34	1,15	1,20	14%	1,15
CP ₂	10,87	98,94	51,11	2051,64	1,37			
CP ₃	8,65	99,59	51,02	2044,42	1,08			
91 dias								
CP ₁	10,80	99,59	50,12	1972,54	1,38	1,21	14%	1,38
CP ₂	8,90	99,92	49,61	1932,59	1,14			
CP ₃	8,87	99,24	50,91	2035,22	1,12			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	4,60	99,99	50,16	1976,08	0,58	0,68	14%	0,58
CP ₂	5,56	99,97	50,05	1967,42	0,71			
CP ₃	4,79	100,13	50,22	1980,81	0,61			
CP ₄	6,45	99,92	49,89	1954,47	0,82			
28 dias								
CP ₁	6,27	100,11	49,95	1959,57	0,80	0,87	10%	0,80
CP ₂	6,72	100,04	50,05	1967,42	0,85			
CP ₃	7,62	100,24	50,22	1980,81	0,96			
60 dias								
CP ₁	10,77	99,67	48,82	1871,91	1,41	1,49	15%	1,41
CP ₂	13,97	101,44	51,25	2062,90	1,71			
CP ₃	10,75	100,14	50,91	2035,62	1,34			
91 dias								
CP ₁	12,80	99,26	50,95	2038,82	1,61	1,74	8%	1,61
CP ₂	13,85	100,20	50,92	2036,02	1,73			
CP ₃	14,87	98,86	50,96	2039,22	1,88			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - mediana ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	8,20	99,97	50,15	1975,29	1,04	0,94	15%	1,04
CP ₂	6,22	99,29	50,00	1963,10	0,80			
CP ₃	6,65	100,03	50,07	1968,60	0,85			
CP ₄	8,47	100,01	49,98	1961,53	1,08			
28 dias								
CP ₁	10,30	100,01	49,85	1951,73	1,32	1,29	14%	1,32
CP ₂	8,72	99,99	50,03	1965,85	1,11			
CP ₃	11,42	100,04	50,37	1992,66	1,44			
60 dias								
CP ₁	10,70	99,15	50,87	2032,42	1,35	1,31	6%	1,35
CP ₂	9,75	99,00	51,23	2061,29	1,22			
CP ₃	10,72	99,61	51,05	2046,83	1,34			
91 dias								
CP ₁	10,97	99,73	49,98	1961,53	1,40	1,48	10%	1,40
CP ₂	12,77	100,68	49,52	1925,98	1,63			
CP ₃	10,80	99,36	49,54	1927,53	1,40			

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL - segundo a NBR 7222

ARGAMASSA COM ADITIVO

temperatura de cura - alta ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)

carga (kN)	altura (mm)	diâmetro (mm)	área (mm ²)	resistência (MPa)	resistência média (MPa)	desvio padrão (%)	CP's considerados	resistência média final (MPa)
7 dias								
CP ₁	7,21	100,01	50,03	1965,46	0,92	1,12	20%	0,92
CP ₂	10,61	100,00	50,15	1975,29	1,35			
CP ₃	9,98	99,98	49,96	1959,96	1,27			
CP ₄	7,48	100,27	50,00	1963,10	0,95			
28 dias								
CP ₁	9,10	100,01	50,02	1964,67	1,16	1,26	9%	1,16
CP ₂	10,82	100,06	49,97	1960,75	1,38			
CP ₃	9,87	100,17	50,12	1972,93	1,25			
60 dias								
CP ₁	10,87	99,95	49,70	1940,00	1,39	1,29	14%	1,39
CP ₂	8,80	99,39	51,01	2043,62	1,11			
CP ₃	10,95	100,13	50,98	2041,22	1,37			
91 dias								
CP ₁	15,92	99,29	50,05	1967,42	2,04	1,77	37%	2,04
CP ₂	8,67	99,57	49,98	1961,92	1,11			
CP ₃	16,70	98,58	49,96	1960,36	2,16			

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA APARENTE - segundo a NBR 13280

argamassa industrializada
temperatura de cura - conforme normalização

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{ap}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	347,00	310,30	310,06	193,77	1600	1,60
CP ₂	366,40	329,30	328,92	207,33	1586	1,59
CP ₃	368,90	328,40	328,21	208,96	1571	1,57
CP ₄	369,10	329,10	328,91	206,43	1593	1,59
CP ₅	363,40	325,30	324,96	199,62	1628	1,63
CP ₆	361,90	324,70	324,21	201,20	1611	1,61
CP ₇	364,90	327,40	326,73	204,79	1595	1,60

argamassa industrializada
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	332,20	320,00	319,92	199,52	1603	1,60
CP ₂	324,50	313,30	312,78	194,92	1605	1,60
CP ₃	333,50	323,10	322,91	199,71	1617	1,62
CP ₄	341,40	330,80	330,61	208,31	1587	1,59
CP ₅	331,00	319,40	319,07	198,91	1604	1,60
CP ₆	334,50	324,50	324,23	200,72	1615	1,62
CP ₇	340,00	327,40	327,08	204,36	1601	1,60

argamassa industrializada
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{ap}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	338,10	319,90	318,72	200,12	1593	1,59
CP ₂	339,20	320,90	320,75	201,45	1592	1,59
CP ₃	349,10	328,00	327,96	205,66	1595	1,59
CP ₄	333,10	313,20	312,98	194,52	1609	1,61
CP ₅	340,40	321,80	321,49	198,76	1618	1,62
CP ₆	339,00	321,00	320,7	197,80	1621	1,62
CP ₇	337,70	319,00	318,81	200,83	1587	1,59

argamassa industrializada
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	316,60	314,90	314,58	199,10	1580	1,58
CP ₂	308,70	307,00	306,73	195,04	1573	1,57
CP ₃	309,60	308,30	308,12	196,32	1569	1,57
CP ₄	314,10	312,90	312,41	199,10	1569	1,57
CP ₅	327,80	326,10	325,85	205,96	1582	1,58
CP ₆	316,90	315,30	315,02	196,08	1607	1,61
CP ₇	326,30	324,80	324,61	204,26	1589	1,59

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA APARENTE - segundo a NBR 13280

argamassa traço 1:2:9
temperatura de cura - conforme normalização

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{sp}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	378,80	356,10	355,87	195,15	1824	1,82
CP ₂	393,70	351,60	351,65	193,97	1813	1,81
CP ₃	400,50	357,90	357,72	196,82	1817	1,82
CP ₄	397,00	355,20	355,01	194,22	1828	1,83
CP ₅	405,90	371,20	371,16	208,25	1782	1,78
CP ₆	414,10	374,50	374,28	203,81	1836	1,84
CP ₇	389,10	359,20	358,93	197,92	1813	1,81

argamassa traço 1:2:9
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	379,10	359,90	359,95	194,61	1850	1,85
CP ₂	397,50	372,00	371,95	202,23	1839	1,84
CP ₃	376,30	354,30	354,11	195,55	1811	1,81
CP ₄	392,60	378,90	378,81	205,19	1846	1,85
CP ₅	369,60	351,80	351,58	195,27	1800	1,80
CP ₆	389,60	377,20	376,93	205,01	1839	1,84
CP ₇	378,70	367,60	367,35	198,63	1849	1,85

argamassa traço 1:2:9
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{sp}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	376,10	358,80	358,61	194,91	1840	1,84
CP ₂	385,20	366,40	366,42	202,80	1807	1,81
CP ₃	369,40	352,00	351,72	192,48	1827	1,83
CP ₄	394,10	372,60	372,24	203,93	1825	1,83
CP ₅	385,90	359,50	359,06	197,48	1818	1,82
CP ₆	387,10	357,50	357,22	197,23	1811	1,81
CP ₇	388,50	361,20	360,77	196,62	1835	1,83

argamassa traço 1:2:9
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	364,00	362,50	362,13	198,18	1827	1,83
CP ₂	373,50	372,00	371,81	202,88	1833	1,83
CP ₃	368,30	366,70	366,44	203,12	1804	1,80
CP ₄	371,60	370,60	370,2	205,43	1802	1,80
CP ₅	352,70	351,20	350,57	194,84	1799	1,80
CP ₆	354,00	352,30	351,91	196,06	1795	1,79
CP ₇	355,90	354,80	354,56	196,68	1803	1,80

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA APARENTE - segundo a NBR 13280

argamassa com aditivo
temperatura de cura - conforme normalização

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{ap}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	380,50	353,20	353,42	194,16	1820	1,82
CP ₂	385,20	354,80	354,18	197,54	1793	1,79
CP ₃	387,30	356,70	356,02	201,43	1767	1,77
CP ₄	372,80	340,40	340,34	194,24	1752	1,75
CP ₅	397,00	365,00	364,54	201,88	1806	1,81
CP ₆	368,80	340,30	339,95	191,45	1776	1,78
CP ₇	390,10	357,60	357,12	201,63	1771	1,77

argamassa com aditivo
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	356,50	346,20	346,04	195,86	1767	1,77
CP ₂	350,40	339,10	338,99	194,60	1742	1,74
CP ₃	381,00	365,80	365,75	204,58	1788	1,79
CP ₄	374,60	360,20	360,08	203,27	1771	1,77
CP ₅	372,40	358,40	357,93	206,35	1735	1,73
CP ₆	358,50	347,20	346,39	191,91	1805	1,80
CP ₇	353,70	340,70	340,48	198,06	1719	1,72

argamassa com aditivo
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	peso inicial (kg)	peso estufa (kg)	peso final (kg)	Volume (cm ³)	γ_{ap}	
					(kg/m ³)	(g/cm ³)
CP ₁	377,70	358,00	358	199,32	1796	1,80
CP ₂	379,60	355,90	355,77	202,97	1753	1,75
CP ₃	380,60	357,60	357,72	203,64	1757	1,76
CP ₄	366,50	342,30	342,22	196,26	1744	1,74
CP ₅	374,90	353,60	353,6	198,60	1780	1,78
CP ₆	365,00	343,70	343,77	193,62	1775	1,78
CP ₇	375,00	355,20	354,94	195,79	1813	1,81

argamassa com aditivo
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	363,00	362,30	362,21	203,30	1782	1,78
CP ₂	351,70	351,10	350,98	202,74	1731	1,73
CP ₃	351,80	351,30	351,29	202,72	1733	1,73
CP ₄	340,00	339,20	339,28	192,94	1758	1,76
CP ₅	355,50	354,50	354,42	203,91	1738	1,74
CP ₆	364,30	363,80	363,74	205,68	1768	1,77
CP ₇	353,60	353,10	353,16	202,97	1740	1,74

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE - segundo a NBR 9779

argamassa industrializada
temperatura de cura - conforme normalização

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	19,29	0,14	0,23	0,43	0,60	0,76	7,49
CP ₂	20,51	0,37	0,54	0,87	1,08	1,27	8,62
CP ₃	20,63	0,14	0,24	0,49	0,66	0,81	7,86
CP ₄	20,50	0,14	0,24	0,50	0,67	0,80	7,53
CP ₅	19,69	0,45	0,66	1,07	1,33	1,48	6,94
CP ₆	19,85	0,13	0,23	0,51	0,73	0,76	5,57
CP ₇	20,38	0,18	0,31	0,56	0,80	0,98	6,98
média		0,22	0,35	0,63	0,84	0,98	7,28

argamassa industrializada
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	19,76	0,33	0,48	0,80	0,99	1,09	7,51
CP ₂	19,44	0,35	0,50	0,77	0,89	0,95	5,25
CP ₃	19,87	0,41	0,63	1,06	1,29	1,40	6,64
CP ₄	20,69	0,77	1,02	1,42	1,63	1,72	6,85
CP ₅	19,81	0,59	0,79	1,11	1,29	1,35	5,45
CP ₆	20,46	0,69	0,92	1,31	1,49	1,56	5,67
CP ₇	20,42	0,80	1,08	1,54	1,67	1,73	5,15
média		0,56	0,77	1,14	1,32	1,40	6,07

argamassa industrializada
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	19,67	0,83	1,07	1,54	1,83	1,89	7,47
CP ₂	19,86	0,46	0,64	1,04	1,36	1,50	5,35
CP ₃	20,48	0,79	1,01	1,41	1,66	1,76	8,88
CP ₄	19,39	0,89	1,12	1,46	1,64	1,68	5,44
CP ₅	19,68	0,29	0,44	0,69	0,82	0,88	8,96
CP ₆	19,73	0,74	0,98	1,38	2,07	1,64	7,58
CP ₇	19,96	0,62	0,85	1,24	1,49	1,57	5,36
média		0,66	0,87	1,25	1,55	1,56	7,01

argamassa industrializada
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	19,86	0,04	0,45	0,92	1,03	1,06	6,25
CP ₂	19,29	0,45	0,62	0,86	0,98	1,11	8,21
CP ₃	19,49	0,64	0,79	1,01	1,13	1,20	7,65
CP ₄	19,77	0,05	0,83	1,14	1,23	1,32	7,15
CP ₅	20,34	0,81	0,98	1,44	1,31	1,38	8,54
CP ₆	19,46	0,05	0,89	1,29	1,38	1,43	8,72
CP ₇	20,32	0,69	0,89	1,07	1,17	1,24	8,68
média		0,39	0,78	1,11	1,18	1,25	7,89

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE - segundo a NBR 9779

argamassa com cal (1:2:9)
temperatura de cura - conforme normalização

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	19,40	1,87	2,29	2,31	2,33	2,33	9,86
CP ₂	19,36	1,33	1,89	2,35	2,36	2,38	10
CP ₃	19,64	1,73	2,30	2,37	2,39	2,40	9,96
CP ₄	19,39	1,39	2,04	2,36	2,38	2,39	9,25
CP ₅	20,69	1,84	2,33	2,36	2,38	2,38	9,13
CP ₆	20,34	1,84	2,34	2,37	2,39	2,40	9,75
CP ₇	19,77	1,80	2,32	2,35	2,37	2,37	9,17
média		1,69	2,22	2,35	2,37	2,38	9,59

argamassa com cal (1:2:9)
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	19,49	1,46	2,15	2,31	2,33	2,34	9,86
CP ₂	20,22	1,40	2,16	2,38	2,39	2,40	9,4
CP ₃	19,48	1,81	2,33	2,36	2,37	2,38	9,35
CP ₄	20,38	1,91	2,23	2,25	2,27	2,28	10
CP ₅	19,47	2,01	2,36	2,38	2,40	2,40	9,41
CP ₆	20,57	1,89	2,23	2,25	2,27	2,27	10
CP ₇	19,77	1,97	2,27	2,29	2,30	2,31	10
média		1,78	2,25	2,32	2,33	2,34	9,72

argamassa com cal (1:2:9)
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	19,52	1,53	2,27	2,39	2,41	2,41	9,95
CP ₂	20,30	1,47	2,21	2,39	2,41	2,41	10
CP ₃	19,28	2,19	2,37	2,39	2,41	2,42	9,88
CP ₄	20,46	1,53	2,25	2,34	2,36	2,38	9,54
CP ₅	19,94	1,99	2,28	2,30	2,32	2,32	9,68
CP ₆	19,75	1,18	1,80	2,27	2,28	2,29	9,97
CP ₇	19,76	1,94	2,29	2,32	2,33	2,34	10
média		1,69	2,21	2,34	2,36	2,37	9,86

argamassa com cal (1:2:9)
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	19,92	1,91	2,30	2,32	2,34	2,35	9,96
CP ₂	20,32	1,64	2,30	2,34	2,36	2,37	10
CP ₃	20,34	1,39	2,04	2,31	2,34	2,35	10
CP ₄	20,39	2,09	2,35	2,36	2,39	2,40	9,82
CP ₅	19,41	2,06	2,30	2,33	2,35	2,36	9,96
CP ₆	19,43	2,14	2,37	2,39	2,41	2,42	9,66
CP ₇	19,52	2,02	2,29	2,31	2,33	2,33	10
média		1,89	2,28	2,34	2,36	2,37	9,91

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE - segundo a NBR 9779

argamassa com aditivo (1:5)
temperatura de cura - conforme normalização

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	19,51	0,07	0,13	0,24	0,33	0,38	4,25
CP ₂	19,88	0,29	0,43	0,61	0,71	0,74	5,1
CP ₃	19,69	0,35	0,48	0,66	0,77	0,80	5,7
CP ₄	19,50	0,33	0,48	0,72	0,82	0,85	5,98
CP ₅	20,28	0,32	0,46	0,69	0,81	0,85	6,46
CP ₆	19,36	0,24	0,38	0,61	0,72	0,75	4,35
CP ₇	20,33	0,07	0,15	0,30	0,44	0,49	4,45
média		0,24	0,36	0,55	0,66	0,69	5,18

argamassa com aditivo (1:5)
temperatura de cura - mediana (23 ± 5°C)

CP ₁	19,69	0,17	0,28	0,50	0,60	0,64	5,48
CP ₂	19,54	0,16	0,28	0,50	0,63	0,70	5,64
CP ₃	20,49	0,43	0,59	0,88	1,02	1,06	5,72
CP ₄	20,57	0,28	0,44	0,69	0,78	0,81	6,85
CP ₅	20,33	0,59	0,77	1,07	1,22	1,27	7,14
CP ₆	19,28	0,46	0,62	0,84	0,97	1,06	7,3
CP ₇	19,71	0,52	0,68	0,94	1,05	1,11	6,9
média		0,37	0,52	0,77	0,90	0,95	6,43

argamassa com aditivo (1:5)
temperatura de cura - baixa (5 ± 5°C)

	área (cm ²)	absorção (g/cm ²)					ascensão máx. (cm)
		3 horas	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	
CP ₁	20,50	0,08	0,16	0,31	0,43	0,51	5,88
CP ₂	20,48	0,23	0,35	0,64	0,82	0,91	8,65
CP ₃	20,53	0,52	0,70	1,03	1,19	1,27	8,89
CP ₄	19,73	0,46	0,63	0,87	0,97	1,00	7,22
CP ₅	19,70	0,15	0,25	0,49	0,73	0,86	6,25
CP ₆	19,44	0,46	0,63	0,95	1,12	1,17	8,47
CP ₇	19,67	0,23	0,33	0,59	0,73	0,82	6,78
média		0,31	0,44	0,70	0,85	0,93	7,45

argamassa com aditivo (1:5)
temperatura de cura - alta (40 ± 5°C)

CP ₁	20,44	0,68	0,93	1,26	1,34	1,35	5,63
CP ₂	20,52	0,22	0,35	0,63	0,72	0,82	7,14
CP ₃	20,42	0,23	0,38	0,73	0,92	0,99	5,87
CP ₄	19,35	0,32	0,48	0,79	0,91	0,95	8,9
CP ₅	20,49	0,55	0,76	1,20	1,32	1,42	5,44
CP ₆	20,42	0,65	0,84	1,17	1,28	1,31	7,84
CP ₇	20,48	0,68	0,86	1,19	1,32	1,35	6,12
média		0,48	0,66	0,99	1,12	1,17	6,71

Anexo 3 – Ensaio de resistência de aderência à tração

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₁ seção (mm ²)	argamassa industrializada tensão (MPa)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	11,00	1963,50	0,31	-	100%	-	-	-	-
*CP ₂	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	15
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	-	100%	-	-	-	-
*CP ₄	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	16
CP ₅	8,00	1963,50	0,23	30%	70%	-	-	-	15
CP ₆	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	15
	média geral		0,33	média bloco		0,29	média junta		0,42
60 dias									
CP ₁	7,00	1963,50	0,20	100%	-	-	-	-	19
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	17
*CP ₃	26,00	1963,50	0,69	80%	20%	-	-	-	18
CP ₄	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	15
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	90%	10%	-	-	-	19
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	17
	média geral		0,37	média bloco		0,31	média junta		0,69
91 dias									
CP ₁	19,00	1963,50	0,51	60%	-	40%	-	-	19
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	50%	50%	-	-	-	17
*CP ₃	25,00	1963,50	0,66	-	-	-	100%	-	-
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	-	100%	-	-	-	-
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	24,00	1963,50	0,64	30%	-	70%	-	-	18
	média geral		0,51	média bloco		0,46	média junta		0,61
120 dias									
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	18
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	18
*CP ₃	28,00	1963,50	0,74	100%	-	-	-	-	19
CP ₄	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	17,00	1963,50	0,46	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	-	-	-	100%	-	-
	média geral		0,49	média bloco		0,43	média junta		0,60

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₁ seção (mm ²)	argamassa industrializada tensão (MPa)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	17
*CP ₂	22,00	1963,50	0,59	70%	30%	-	-	-	16
CP ₃	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	19
*CP ₄	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	18
CP ₅	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	18
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	18
	média geral		0,39	média bloco		0,32	média junta		0,55
60 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	11
CP ₂	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	11
*CP ₃	34,00	1963,50	0,89	80%	20%	-	-	-	9
CP ₄	16,00	1963,50	0,43	90%	10%	-	-	-	12
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	90%	-	10%	-	-	14
CP ₆	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	13
	média geral		0,47	média bloco		0,39	média junta		0,89
91 dias									
*CP ₁	27,00	1963,50	0,71	-	-	100%	-	-	-
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	-	-	100%	-	-	-
CP ₃	14,00	1963,50	0,38	70%	-	30%	-	-	19
*CP ₄	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	17
CP ₅	10,00	1963,50	0,28	90%	-	10%	-	-	20
CP ₆	22,00	1963,50	0,59	90%	-	10%	-	-	18
	média geral		0,52	média bloco		0,43	média junta		0,70
120 dias									
CP ₁	16,00	1963,50	0,43	10%	90%	-	-	-	16
*CP ₂	24,00	1963,50	0,64	50%	-	50%	-	-	17
CP ₃	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	17
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	30%	-	70%	-	-	18
CP ₅	18,00	1963,50	0,48	-	-	100%	-	-	-
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-
	média geral		0,52	média bloco		0,48	média junta		0,60

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₁	argamassa industrializada	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)	
			carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura			
28 dias									
CP ₁	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	20
*CP ₂	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	18
CP ₃	4,00	1963,50	0,13	100%	-	-	-	-	15
*CP ₄	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	16
CP ₅	7,00	1963,50	0,20	100%	-	-	-	-	17
CP ₆	6,00	1963,50	0,18	100%	-	-	-	-	18
média geral			0,22	média bloco		0,19	média junta		0,29
60 dias									
CP ₁	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	17
CP ₂	6,00	1963,50	0,18	50%	50%	-	-	-	17
CP ₃	5,00	1963,50	0,15	100%	-	-	-	-	16
CP ₄	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	16
*CP ₅	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	16
*CP ₆	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	15
média geral			0,24	média bloco		0,23	média junta		0,32
91 dias									
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	50%	-	50%	-	-	19
*CP ₂	19,00	1963,50	0,51	60%	-	40%	-	-	20
CP ₃	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	20
CP ₄	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	21
CP ₅	4,00	1963,50	0,13	60%	-	40%	-	-	20
*CP ₆	10,00	1963,50	0,28	-	60%	-	40%	-	-
média geral			0,31	média bloco		0,27	média junta		0,39
120 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	18
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	18
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	18
CP ₄	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	18
CP ₆	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	17
média geral			0,40	média bloco		0,35	média junta		0,50

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂	argamassa industrializada	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)	
			carga (kg)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura			
28 dias									
CP ₁	11,00	1963,50	0,31	-	100%	-	-	-	15
CP ₂	0,00	1963,50	0,03	-	-	-	-	100%	-
*CP ₃	17,00	1963,50	0,46	30%	70%	-	-	-	14
CP ₄	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	16
CP ₅	5,00	1963,50	0,15	100%	-	-	-	-	-
CP ₆	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	17
média geral			0,25	média bloco		0,25	média junta		0,46
60 dias									
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	50%	-	50%	-	-	16
CP ₂	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	16
*CP ₃	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	9,00	1963,50	0,25	-	-	100%	-	-	-
CP ₅	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	15
*CP ₆	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	17
média geral			0,34	média bloco		0,31	média junta		0,41
91 dias									
*CP ₁	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	18
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	18
*CP ₃	15,00	1963,50	0,41	30%	70%	-	-	-	17
CP ₄	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	18
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	18
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	18
média geral			0,39	média bloco		0,36	média junta		0,43
120 dias									
*CP ₁	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	16
*CP ₂	22,00	1963,50	0,59	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	17
CP ₄	14,00	1963,50	0,38	-	100%	-	-	-	-
CP ₅	6,00	1963,50	0,18	-	-	-	100%	-	-
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	18
média geral			0,41	média bloco		0,35	média junta		0,62

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂	seção (mm ²)	argamassa industrializada	tensão (MPa)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
					forma de ruptura					
carga (kg)				a	b	c	d	e		
28 dias										
*CP ₁	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	16	
*CP ₂	12,00	1963,50	0,33	70%	30%	-	-	-	18	
CP ₃	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	16	
CP ₄	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	15	
CP ₅	11,00	1963,50	0,31	70%	30%	-	-	-	16	
CP ₆	13,00	1963,50	0,36	90%	10%	-	-	-	19	
média geral			0,35	média bloco		0,34	média junta		0,38	
60 dias										
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	-	-	100%	-	-	-	
*CP ₂	40,00	1963,50	1,04	-	-	100%	-	-	-	
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	50%	-	50%	-	-	14	
*CP ₄	25,00	1963,50	0,66	-	-	100%	-	-	-	
CP ₅	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	14	
CP ₆	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	13	
média geral			0,60	média bloco		0,48	média junta		0,85	
91 dias										
CP ₁	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	21	
CP ₂	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	22	
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-	
*CP ₄	34,00	1963,50	0,89	-	100%	-	-	-	-	
CP ₅	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	19	
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	21	
média geral			0,61	média bloco		0,56	média junta		0,89	
120 dias										
CP ₁	21,00	1963,50	0,56	70%	30%	-	-	-	15	
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	13	
*CP ₃	28,00	1963,50	0,74	100%	-	-	-	-	16	
CP ₄	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	18	
*CP ₅	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	18	
CP ₆	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	20	
média geral			0,61	média bloco		0,55	média junta		0,71	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂	seção (mm ²)	argamassa industrializada	tensão (MPa)	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
					forma de ruptura					
carga (kg)				a	b	c	d	e		
28 dias										
CP ₁	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	18	
*CP ₂	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	17	
CP ₃	6,00	1963,50	0,18	100%	-	-	-	-	19	
CP ₄	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	21	
*CP ₅	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-	
CP ₆	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	21	
média geral			0,28	média bloco		0,24	média junta		0,37	
60 dias										
CP ₁	11,00	1963,50	0,31	70%	-	30%	-	-	16	
CP ₂	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	17	
*CP ₃	13,00	1963,50	0,36	50%	-	50%	-	-	18	
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	19	
CP ₅	11,00	1963,50	0,31	70%	-	30%	-	-	17	
CP ₆	6,00	1963,50	0,18	100%	-	-	-	-	19	
média geral			0,29	média bloco		0,28	média junta		0,36	
91 dias										
CP ₁	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	19	
*CP ₂	14,00	1963,50	0,38	90%	10%	-	-	-	15	
CP ₃	10,00	1963,50	0,28	10%	90%	-	-	-	17	
CP ₄	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	19	
*CP ₅	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	17	
CP ₆	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	20	
média geral			0,33	média bloco		0,29	média junta		0,42	
120 dias										
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	16	
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	19	
CP ₃	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	17	
CP ₄	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	18	
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	19	
CP ₆	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	17	
média geral			0,35	média bloco		0,32	média junta		0,51	

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa industrializada	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	seção (mm ²)		tensão (MPa)	forma de ruptura				
			a		b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	11,00	1963,50	0,31	30%	70%	-	-	-	17
CP ₂	10,00	1963,50	0,28	30%	70%	-	-	-	18
*CP ₃	15,00	1963,50	0,41	30%	70%	-	-	-	16
*CP ₄	18,00	1963,50	0,48	-	50%	50%	-	-	-
CP ₅	10,00	1963,50	0,28	70%	30%	-	-	-	18
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	30%	-	70%	-	-	18
média geral			0,36	média bloco		0,36	média junta		0,41
60 dias									
*CP ₁	18,00	1963,50	0,48	-	-	100%	-	-	-
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
CP ₃	12,00	1963,50	0,33	60%	40%	-	-	-	17
CP ₄	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	19
CP ₅	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	80%	20%	-	-	-	18
média geral			0,39	média bloco		0,37	média junta		0,48
91 dias									
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	30%	70%	-	-	-	16
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	70%	-	30%	-	-	17
*CP ₃	17,00	1963,50	0,46	70%	30%	-	-	-	15
*CP ₄	19,00	1963,50	0,51	70%	30%	-	-	-	16
CP ₅	10,00	1963,50	0,28	70%	30%	-	-	-	17
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-
média geral			0,41	média bloco		0,37	média junta		0,48
120 dias									
*CP ₁	18,00	1963,50	0,48	-	-	-	100%	-	-
CP ₂	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	20
*CP ₃	19,00	1963,50	0,51	50%	50%	-	-	-	20
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	-	100%	-	-	-	-
CP ₅	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	50%	-	50%	-	-	20
média geral			0,42	média bloco		0,38	média junta		0,50

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa industrializada	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	seção (mm ²)		tensão (MPa)	forma de ruptura				
			a		b	c	d	e	
28 dias									
*CP ₁	19,00	1963,50	0,51	30%	70%	-	-	-	23
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
*CP ₃	20,00	1963,50	0,53	50%	50%	-	-	-	20
CP ₄	16,00	1963,50	0,43	70%	30%	-	-	-	23
CP ₅	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	21
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	70%	30%	-	-	-	19
média geral			0,45	média bloco		0,41	média junta		0,52
60 dias									
CP ₁	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	22
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	19
*CP ₃	27,00	1963,50	0,71	70%	-	30%	-	-	19
CP ₄	22,00	1963,50	0,59	30%	-	70%	-	-	17
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	-	-	100%	-	-	-
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	70%	-	30%	-	-	20
média geral			0,47	média bloco		0,42	média junta		0,71
91 dias									
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	19
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	85%	-	15%	-	-	20
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	50%	50%	-	-	-	18
*CP ₄	22,00	1963,50	0,59	50%	50%	-	-	-	17
CP ₅	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	20
*CP ₆	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	21
média geral			0,48	média bloco		0,45	média junta		0,55
120 dias									
*CP ₁	29,00	1963,50	0,76	100%	-	-	-	-	15
CP ₂	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-
*CP ₃	23,00	1963,50	0,61	50%	-	50%	-	-	18
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	20
CP ₅	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	19
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	19
média geral			0,48	média bloco		0,38	média junta		0,69

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₂ seção (mm ²)	argamassa industrializada tensão (MPa)	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	20
*CP ₂	10,00	1963,50	0,28	70%	30%	-	-	-	21
CP ₃	7,00	1963,50	0,20	100%	-	-	-	-	21
CP ₄	8,00	1963,50	0,23	70%	30%	-	-	-	22
*CP ₅	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	21
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	19
média geral			0,31	média bloco		0,29	média junta		0,33
60 dias									
CP ₁	10,00	1963,50	0,28	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	21
*CP ₄	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	22
CP ₅	16,00	1963,50	0,43	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	8,00	1963,50	0,23	100%	-	-	-	-	21
média geral			0,33	média bloco		0,30	média junta		0,48
91 dias									
CP ₁	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	20
CP ₂	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	20
*CP ₃	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	21
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	21
CP ₅	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	21
*CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
média geral			0,34	média bloco		0,31	média junta		0,38
120 dias									
CP ₁	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	17
CP ₂	10,00	1963,50	0,28	-	100%	-	-	-	-
*CP ₃	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	19
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	-	-	-	100%	-	-
*CP ₅	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	-	-	100%	-	-	-
média geral			0,36	média bloco		0,31	média junta		0,46

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₁ seção (mm ²)	argamassa com cal (1:2:9) tensão (MPa)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	17
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	17
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	90%	10%	-	-	-	16
*CP ₄	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	17
CP ₅	9,00	1963,50	0,25	90%	10%	-	-	-	16
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	18
média geral			0,41	média bloco		0,36	média junta		0,51
60 dias									
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	21
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	70%	30%	-	-	-	20
*CP ₃	27,00	1963,50	0,71	70%	30%	-	-	-	20
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	19
CP ₅	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	21
CP ₆	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	21
média geral			0,46	média bloco		0,41	média junta		0,71
91 dias									
CP ₁	20,00	1963,50	0,53	10%	-	90%	-	-	20
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	10%	-	90%	-	-	20
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	-	-	-	100%	-	-
*CP ₄	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	23,00	1963,50	0,61	-	10%	90%	-	-	-
CP ₆	17,00	1963,50	0,46	70%	-	30%	-	-	21
média geral			0,47	média bloco		0,41	média junta		0,57
120 dias									
CP ₁	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	21
*CP ₂	30,00	1963,50	0,79	100%	-	-	-	-	18
*CP ₃	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	20
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	19
CP ₅	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	20
CP ₆	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	20
média geral			0,56	média bloco		0,48	média junta		0,71

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₁	argamassa com cal (1:2:9)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)	forma de ruptura					espessura do revestimento (mm)			
				carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	a	b		c	d	e
							28 dias					
CP ₁	14,00	1963,50	0,38	-	-	-	100%	-	-			
*CP ₂	36,00	1963,50	0,94	100%	-	-	-	-	20			
CP ₃	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	21			
CP ₄	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	20			
*CP ₅	22,00	1963,50	0,59	-	-	-	100%	-	-			
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	20			
média geral			0,59	média bloco		0,50	média junta		0,76			
60 dias												
*CP ₁	29,00	1963,50	0,76	75%	25%	-	-	-	19			
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	18			
CP ₃	22,00	1963,50	0,59	50%	50%	-	-	-	16			
CP ₄	22,00	1963,50	0,59	90%	10%	-	-	-	17			
*CP ₅	40,00	1963,50	1,04	50%	50%	-	-	-	18			
CP ₆	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	19			
média geral			0,66	média bloco		0,53	média junta		0,90			
91 dias												
CP ₁	31,00	1963,50	0,81	-	-	100%	-	-	-			
CP ₂	25,00	1963,50	0,66	-	-	100%	-	-	-			
*CP ₃	29,00	1963,50	0,76	60%	-	40%	-	-	23			
CP ₄	24,00	1963,50	0,64	-	100%	-	-	-	-			
CP ₅	22,00	1963,50	0,59	90%	10%	-	-	-	23			
*CP ₆	32,00	1963,50	0,84	90%	-	10%	-	-	24			
média geral			0,72	média bloco		0,67	média junta		0,80			
120 dias												
*CP ₁	31,00	1963,50	0,81	100%	-	-	-	-	20			
*CP ₂	35,00	1963,50	0,92	-	100%	-	-	-	-			
CP ₃	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	22			
CP ₄	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	22			
CP ₅	30,00	1963,50	0,79	90%	10%	-	-	-	21			
CP ₆	28,00	1963,50	0,74	100%	-	-	-	-	23			
média geral			0,77	média bloco		0,73	média junta		0,87			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₁	argamassa com cal (1:2:9)	temperatura de cura - alta (40±5°C)	forma de ruptura					espessura do revestimento (mm)			
				carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	a	b		c	d	e
							28 dias					
*CP ₁	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	20			
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	90%	10%	-	-	-	20			
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	70%	30%	-	-	-	17			
*CP ₄	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	20			
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	20			
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	21			
média geral			0,53	média bloco		0,49	média junta		0,61			
60 dias												
CP ₁	21,00	1963,50	0,56	90%	10%	-	-	-	18			
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	50%	50%	-	-	-	17			
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	17			
*CP ₄	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	17			
CP ₅	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	17			
CP ₆	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	17			
média geral			0,55	média bloco		0,52	média junta		0,61			
91 dias												
CP ₁	24,00	1963,50	0,64	60%	-	40%	-	-	23			
CP ₂	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	22			
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	50%	-	50%	-	-	24			
*CP ₄	26,00	1963,50	0,69	50%	50%	-	-	-	22			
CP ₅	21,00	1963,50	0,56	30%	-	70%	-	-	19			
CP ₆	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	19			
média geral			0,61	média bloco		0,59	média junta		0,69			
120 dias												
*CP ₁	34,00	1963,50	0,89	70%	30%	-	-	-	20			
CP ₂	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	20			
CP ₃	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	21			
CP ₄	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	19			
*CP ₅	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	19			
CP ₆	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	19			
média geral			0,62	média bloco		0,62	média junta		0,78			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa com cal (1:2:9)		temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura						
				a	b	c	d	e		
28 dias										
*CP ₁	18,00	1963,50	0,48	30%	-	70%	-	-	-	21
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	70%	-	30%	-	-	-	22
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-	-
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	30%	-	70%	-	-	-	22
*CP ₅	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-	-
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	-	-
média geral			0,42	média bloco		0,39	média junta		0,47	
60 dias										
CP ₁	28,00	1963,50	0,74	-	-	100%	-	-	-	-
*CP ₂	36,00	1963,50	0,94	-	-	100%	-	-	-	-
*CP ₃	26,00	1963,50	0,69	90%	10%	-	-	-	-	18
CP ₄	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	-	19
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	10%	90%	-	-	-	-
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	-	70%	-	30%	-	-	-
média geral			0,62	média bloco		0,53	média junta		0,81	
91 dias										
CP ₁	22,00	1963,50	0,59	95%	5%	-	-	-	-	19
CP ₂	19,00	1963,50	0,51	90%	10%	-	-	-	-	20
CP ₃	24,00	1963,50	0,64	60%	40%	-	-	-	-	18
*CP ₄	31,00	1963,50	0,81	20%	80%	-	-	-	-	18
*CP ₅	29,00	1963,50	0,76	50%	50%	-	-	-	-	18
CP ₆	28,00	1963,50	0,74	-	100%	-	-	-	-	-
média geral			0,67	média bloco		0,62	média junta		0,79	
120 dias										
CP ₁	22,00	1963,50	0,59	70%	-	30%	-	-	-	20
CP ₂	26,00	1963,50	0,69	30%	-	70%	-	-	-	20
CP ₃	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₄	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	-	21
CP ₅	25,00	1963,50	0,66	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	30,00	1963,50	0,79	-	-	100%	-	-	-	-
média geral			0,67	média bloco		0,62	média junta		0,75	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa com cal (1:2:9)		temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura						
				a	b	c	d	e		
28 dias										
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	-	22
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	90%	-	10%	-	-	-	22
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₄	26,00	1963,50	0,69	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₅	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	-	23
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	10%	-	90%	-	-	-	23
média geral			0,56	média bloco		0,49	média junta		0,69	
60 dias										
CP ₁	24,00	1963,50	0,64	-	10%	90%	-	-	-	-
CP ₂	25,00	1963,50	0,66	-	90%	10%	-	-	-	-
*CP ₃	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	-	19
*CP ₄	20,00	1963,50	0,53	90%	-	10%	-	-	-	17
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	30%	-	70%	-	-	-	17
CP ₆	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	-	17
média geral			0,61	média bloco		0,57	média junta		0,69	
91 dias										
CP ₁	17,00	1963,50	0,46	80%	20%	-	-	-	-	20
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	80%	20%	-	-	-	-	21
*CP ₃	25,00	1963,50	0,66	90%	10%	-	-	-	-	20
CP ₄	19,00	1963,50	0,51	80%	20%	-	-	-	-	20
*CP ₅	28,00	1963,50	0,74	80%	20%	-	-	-	-	20
CP ₆	35,00	1963,50	0,92	50%	50%	-	-	-	-	21
média geral			0,63	média bloco		0,59	média junta		0,70	
120 dias										
*CP ₁	33,00	1963,50	0,87	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	28,00	1963,50	0,74	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₃	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	-	19
CP ₄	22,00	1963,50	0,59	80%	-	20%	-	-	-	18
CP ₅	31,00	1963,50	0,81	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	12,00	1963,50	0,33	-	-	-	100%	-	-	-
média geral			0,67	média bloco		0,62	média junta		0,78	

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₂ seção (mm ²)	argamassa com cal (1:2:9) tensão (MPa)	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	90%	10%	-	-	-	21
*CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	22
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	70%	30%	-	-	-	20
*CP ₄	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	-
CP ₅	11,00	1963,50	0,31	70%	-	30%	-	-	18
CP ₆	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	20
média geral			0,36	média bloco		0,33	média junta		0,42
60 dias									
CP ₁	8,00	1963,50	0,23	-	90%	10%	-	-	-
*CP ₂	8,00	1963,50	0,23	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	70%	-	30%	-	-	20
CP ₄	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	16,00	1963,50	0,43	70%	-	30%	-	-	21
média geral			0,37	média bloco		0,38	média junta		0,37
91 dias									
CP ₁	16,86	1963,50	0,45	85%	-	15%	-	-	20
CP ₂	15,86	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	18
CP ₃	16,86	1963,50	0,45	80%	-	20%	-	-	20
*CP ₄	20,86	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	19,86	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	18
CP ₆	14,86	1963,50	0,40	-	100%	-	-	-	-
média geral			0,47	média bloco		0,44	média junta		0,54
120 dias									
CP ₁	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	21
CP ₂	6,00	1963,50	0,18	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	70%	-	30%	-	-	23
*CP ₄	25,00	1963,50	0,66	-	-	100%	-	-	-
CP ₅	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-
*CP ₆	29,00	1963,50	0,76	100%	-	-	-	-	19
média geral			0,52	média bloco		0,47	média junta		0,71

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₃ seção (mm ²)	argamassa com cal (1:2:9) tensão (MPa)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
*CP ₁	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	20
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	20
CP ₃	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	20
*CP ₄	14,00	1963,50	0,38	70%	30%	-	-	-	-
CP ₅	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	17
CP ₆	0,00	1963,50	0,03	-	-	-	-	100%	-
média geral			0,27	média bloco		0,22	média junta		0,37
60 dias									
CP ₁	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	20
CP ₂	7,00	1963,50	0,20	100%	-	-	-	-	21
*CP ₃	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	23,00	1963,50	0,61	50%	50%	-	-	-	18
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	50%	50%	-	-	-	19
média geral			0,40	média bloco		0,32	média junta		0,55
91 dias									
*CP ₁	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	17
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	18
CP ₃	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	18
CP ₄	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
CP ₅	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	20
*CP ₆	17,00	1963,50	0,46	10%	90%	-	-	-	20
média geral			0,45	média bloco		0,39	média junta		0,57
120 dias									
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	22
*CP ₂	23,00	1963,50	0,61	-	100%	-	-	-	-
*CP ₃	30,00	1963,50	0,79	100%	-	-	-	-	21
CP ₄	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	20
CP ₅	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	21
*CP ₆	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	21
média geral			0,50	média bloco		0,42	média junta		0,58

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	seção (mm ²)	argamassa com cal (1:2:9) tensão (MPa)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	5,00	1963,50	0,15	90%	10%	-	-	-	21
CP ₂	17,00	1963,50	0,46	70%	30%	-	-	-	22
*CP ₃	17,00	1963,50	0,46	30%	70%	-	-	-	20
CP ₄	2,00	1963,50	0,08	100%	-	-	-	-	21
CP ₅	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-
*CP ₆	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	25
média geral			0,36	média bloco		0,29	média junta		0,52
60 dias									
CP ₁	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	20
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	-	30%	70%	-	-	-
*CP ₃	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	21
CP ₄	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	30,00	1963,50	0,79	70%	30%	-	-	-	21
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-
média geral			0,53	média bloco		0,46	média junta		0,65
91 dias									
*CP ₁	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	21
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	50%	50%	-	-	-	20
CP ₃	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	21
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	80%	-	20%	-	-	25
CP ₅	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	25
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	24
média geral			0,54	média bloco		0,49	média junta		0,64
120 dias									
CP ₁	20,00	1963,50	0,53	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	100%	-	48	-	-	22
*CP ₃	27,00	1963,50	0,71	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	23
*CP ₅	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	25
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	24
média geral			0,57	média bloco		0,52	média junta		0,67

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	seção (mm ²)	argamassa com cal (1:2:9) tensão (MPa)	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	70%	-	30%	-	-	19
*CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	21
CP ₃	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	22
CP ₄	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	20
CP ₅	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	21
*CP ₆	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	20
média geral			0,41	média bloco		0,38	média junta		0,47
60 dias									
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	21
*CP ₂	18,00	1963,50	0,48	90%	10%	-	-	-	21
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	19,00	1963,50	0,51	70%	-	30%	-	-	23
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	90%	-	10%	-	-	18
média geral			0,45	média bloco		0,43	média junta		0,50
91 dias									
CP ₁	20,00	1963,50	0,53	-	-	-	100%	-	-
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	20
CP ₃	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	20
CP ₄	20,00	1963,50	0,53	-	-	-	100%	-	-
*CP ₅	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20
média geral			0,50	média bloco		0,50	média junta		0,51
120 dias									
*CP ₁	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	21
CP ₂	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	22
*CP ₃	24,00	1963,50	0,64	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	22
CP ₆	12,00	1963,50	0,33	-	100%	-	-	-	-
média geral			0,51	média bloco		0,50	média junta		0,67

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₁ seção (mm ²)	argamassa com aditivo (1:5) tensão (MPa)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	6,00	1963,50	0,18	-	-	-	100%	-	-
CP ₂	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	23
*CP ₃	20,00	1963,50	0,53	30%	70%	-	-	-	22
CP ₄	5,00	1963,50	0,15	100%	-	-	-	-	24
*CP ₅	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	21
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	24
média geral			0,39	média bloco		0,31	média junta		0,56
60 dias									
CP ₁	20,00	1963,50	0,53	70%	30%	-	-	-	22
*CP ₂	26,00	1963,50	0,69	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	2,00	1963,50	0,08	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	20,00	1963,50	0,53	50%	50%	-	-	-	19
*CP ₅	20,00	1963,50	0,53	100%	-	-	-	-	20
CP ₆	5,00	1963,50	0,15	50%	50%	-	-	-	22
média geral			0,42	média bloco		0,32	média junta		0,61
91 dias									
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	7,00	1963,50	0,20	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	18
*CP ₄	32,00	1963,50	0,84	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	31,00	1963,50	0,81	100%	-	-	-	-	23
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	70%	30%	-	-	-	23
média geral			0,52	média bloco		0,36	média junta		0,83
120 dias									
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	17
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-
*CP ₃	27,00	1963,50	0,71	100%	-	-	-	-	19
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	25,00	1963,50	0,66	100%	-	-	-	-	16
CP ₆	18,00	1963,50	0,48	-	-	-	100%	-	-
média geral			0,53	média bloco		0,46	média junta		0,69

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₁ seção (mm ²)	argamassa com aditivo (1:5) tensão (MPa)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
CP ₁	10,00	1963,50	0,28	70%	-	30%	-	-	18
*CP ₂	28,00	1963,50	0,74	50%	50%	-	-	-	20
CP ₃	20,00	1963,50	0,53	70%	30%	-	-	-	21
CP ₄	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	20
*CP ₅	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	18
CP ₆	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	19
média geral			0,45	média bloco		0,38	média junta		0,60
60 dias									
CP ₁	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	22
CP ₂	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	22
*CP ₃	36,00	1963,50	0,94	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	21
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	24
média geral			0,53	média bloco		0,43	média junta		0,75
91 dias									
CP ₁	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	20
*CP ₂	28,00	1963,50	0,74	85%	15%	-	-	-	21
CP ₃	14,00	1963,50	0,38	-	-	-	100%	-	-
CP ₄	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	27,00	1963,50	0,71	85%	15%	-	-	-	21
CP ₆	17,00	1963,50	0,46	70%	30%	-	-	-	21
média geral			0,55	média bloco		0,46	média junta		0,73
120 dias									
CP ₁	20,00	1963,50	0,53	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	-	100%	-	-	-	-
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	-	-	-	100%	-	-
*CP ₄	30,00	1963,50	0,79	100%	-	-	-	-	-
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	21
*CP ₆	22,00	1963,50	0,59	-	100%	-	-	-	-
média geral			0,55	média bloco		0,48	média junta		0,69

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₁	argamassa com aditivo (1:5)	temperatura de cura - alta (40±5°C)	forma de ruptura					espessura do revestimento (mm)			
				carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	a	b		c	d	e
							28 dias					
CP ₁	14,00	1963,50	0,38	-	100%	-	-	-	23			
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	70%	30%	-	-	-	21			
*CP ₃	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	-			
CP ₄	20,00	1963,50	0,53	-	100%	-	-	-	22			
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	70%	30%	-	-	-	25			
CP ₆	11,00	1963,50	0,31	70%	30%	-	-	-	22			
média geral			0,47	média bloco		0,41	média junta		0,57			
60 dias												
CP ₁	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	22			
*CP ₂	24,00	1963,50	0,64	20%	80%	-	-	-	23			
CP ₃	23,00	1963,50	0,61	90%	10%	-	-	-	20			
CP ₄	14,00	1963,50	0,38	70%	30%	-	-	-	20			
*CP ₅	24,00	1963,50	0,64	50%	50%	-	-	-	20			
CP ₆	21,00	1963,50	0,56	70%	30%	-	-	-	21			
média geral			0,55	média bloco		0,50	média junta		0,64			
91 dias												
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-			
CP ₂	21,00	1963,50	0,56	-	-	-	100%	-	-			
CP ₃	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	19			
*CP ₄	27,00	1963,50	0,71	-	100%	-	-	-	-			
*CP ₅	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	21			
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	-	-	-	100%	-	-			
média geral			0,57	média bloco		0,52	média junta		0,67			
120 dias												
*CP ₁	28,00	1963,50	0,74	100%	-	-	-	-	16			
CP ₂	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	17			
CP ₃	16,00	1963,50	0,43	-	100%	-	-	-	-			
*CP ₄	24,00	1963,50	0,64	-	100%	-	-	-	-			
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-			
CP ₆	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-			
média geral			0,57	média bloco		0,51	média junta		0,69			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂	argamassa com aditivo (1:5)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)	forma de ruptura					espessura do revestimento (mm)			
				carga (N)	seção (mm ²)	tensão (MPa)	a	b		c	d	e
							28 dias					
CP ₁	14,00	1963,50	0,38	70%	-	30%	-	-	21			
CP ₂	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	19			
*CP ₃	23,00	1963,50	0,61	-	-	-	100%	-	-			
CP ₄	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	23			
CP ₅	14,00	1963,50	0,38	-	-	-	100%	-	-			
*CP ₆	16,00	1963,50	0,43	-	100%	-	-	-	-			
média geral			0,42	média bloco		0,37	média junta		0,52			
60 dias												
CP ₁	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-			
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	70%	-	30%	-	-	19			
*CP ₃	25,00	1963,50	0,66	30%	70%	-	-	-	17			
CP ₄	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	19			
*CP ₅	30,00	1963,50	0,79	-	50%	50%	-	-	-			
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	85%	15%	-	-	-	22			
média geral			0,52	média bloco		0,42	média junta		0,73			
91 dias												
CP ₁	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	17			
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	70%	-	30%	-	-	17			
*CP ₃	25,00	1963,50	0,66	85%	-	15%	-	-	17			
CP ₄	20,00	1963,50	0,53	-	60%	40%	-	-	-			
*CP ₅	29,00	1963,50	0,76	-	90%	10%	-	-	-			
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	75%	-	25%	-	-	19			
média geral			0,57	média bloco		0,50	média junta		0,71			
120 dias												
CP ₁	22,00	1963,50	0,59	-	100%	-	-	-	-			
CP ₂	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	18			
*CP ₃	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	19			
CP ₄	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	17			
*CP ₅	34,00	1963,50	0,89	-	-	100%	-	-	-			
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-			
média geral			0,58	média bloco		0,50	média junta		0,74			

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa com aditivo (1:5)		temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	secção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura						
				a	b	c	d	e		
28 dias										
CP ₁	2,00	1963,50	0,08	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₂	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	-	19
CP ₃	2,00	1963,50	0,08	-	100%	-	-	-	-	-
CP ₄	5,00	1963,50	0,15	30%	70%	-	-	-	-	20
*CP ₅	13,00	1963,50	0,36	70%	30%	-	-	-	-	19
CP ₆	7,00	1963,50	0,20	100%	-	-	-	-	-	-
	média geral		0,20	média bloco		0,13	média junta		0,36	
60 dias										
CP ₁	15,00	1963,50	0,41	50%	-	50%	-	-	-	22
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	50%	-	50%	-	-	-	22
*CP ₃	18,00	1963,50	0,48	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₄	14,00	1963,50	0,38	-	60%	40%	-	-	-	-
*CP ₅	12,00	1963,50	0,33	50%	-	50%	-	-	-	21
CP ₆	7,00	1963,50	0,20	70%	-	30%	-	-	-	24
	média geral		0,37	média bloco		0,36	média junta		0,41	
91 dias										
CP ₁	14,00	1963,50	0,38	50%	50%	-	-	-	-	17
CP ₂	21,00	1963,50	0,56	70%	30%	-	-	-	-	16
*CP ₃	24,00	1963,50	0,64	40%	-	60%	-	-	-	17
CP ₄	18,00	1963,50	0,48	70%	-	30%	-	-	-	16
*CP ₅	20,00	1963,50	0,53	40%	-	60%	-	-	-	17
CP ₆	12,00	1963,50	0,33	80%	-	20%	-	-	-	18
	média geral		0,49	média bloco		0,44	média junta		0,59	
120 dias										
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	50%	50%	-	-	-	-	-
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-	-
CP ₃	24,00	1963,50	0,64	100%	-	-	-	-	-	20
*CP ₄	30,00	1963,50	0,79	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₅	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	-	19
*CP ₆	36,00	1963,50	0,94	-	-	100%	-	-	-	-
	média geral		0,64	média bloco		0,53	média junta		0,87	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₂		argamassa com aditivo (1:5)		temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
	carga (N)	secção (mm ²)	tensão (MPa)	forma de ruptura						
				a	b	c	d	e		
28 dias										
CP ₁	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	-	13
CP ₂	9,00	1963,50	0,25	-	-	-	100%	-	-	-
CP ₃	3,00	1963,50	0,10	-	100%	-	-	-	-	15
*CP ₄	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	-	18
*CP ₅	15,00	1963,50	0,41	-	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	-	19
	média geral		0,32	média bloco		0,28	média junta		0,39	
60 dias										
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	50%	-	50%	-	-	-	22
*CP ₂	20,00	1963,50	0,53	-	100%	-	-	-	-	-
CP ₃	9,00	1963,50	0,25	-	100%	-	-	-	-	-
CP ₄	10,00	1963,50	0,28	-	100%	-	-	-	-	-
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	50%	50%	-	-	-	-	20
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	30%	-	70%	-	-	-	21
	média geral		0,40	média bloco		0,34	média junta		0,52	
91 dias										
CP ₁	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	-	21
CP ₂	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	-	22
CP ₃	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	-	22
*CP ₄	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	-	22
*CP ₅	23,00	1963,50	0,61	100%	-	-	-	-	-	21
CP ₆	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-	-
	média geral		0,45	média bloco		0,35	média junta		0,65	
120 dias										
*CP ₁	27,00	1963,50	0,71	-	100%	-	-	-	-	-
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	-	22
CP ₃	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	-	20
*CP ₄	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	-	21
CP ₅	15,00	1963,50	0,41	-	-	-	100%	-	-	-
CP ₆	2,00	1963,50	0,08	-	-	-	100%	-	-	-
	média geral		0,50	média bloco		0,35	média junta		0,59	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₃		argamassa com aditivo (1:5)	temperatura de cura - baixa (5±5°C)					espessura do revestimento (mm)	
	carga (N)	seção (mm ²)		tensão (MPa)	forma de ruptura					
					a	b	c	d		e
28 dias										
*CP ₁	12,00	1963,50	0,33	50%	-	50%	-	-	19	
CP ₂	6,00	1963,50	0,18	-	-	100%	-	-	-	
CP ₃	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	25	
CP ₄	5,00	1963,50	0,15	100%	-	-	-	-	23	
*CP ₅	14,00	1963,50	0,38	-	-	-	100%	-	-	
CP ₆	6,00	1963,50	0,18	-	-	-	100%	-	-	
média geral			0,25	média bloco		0,19	média junta		0,36	
60 dias										
CP ₁	12,00	1963,50	0,33	-	-	-	100%	-	-	
*CP ₂	15,00	1963,50	0,41	-	70%	-	30%	-	-	
CP ₃	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	23	
CP ₄	0,00	1963,50	0,03	-	-	-	-	100%	-	
CP ₅	8,00	1963,50	0,23	-	100%	-	-	-	-	
*CP ₆	16,00	1963,50	0,43	50%	50%	-	-	-	20	
média geral			0,30	média bloco		0,24	média junta		0,42	
91 dias										
*CP ₁	14,00	1963,50	0,38	-	100%	-	-	-	-	
CP ₂	11,00	1963,50	0,31	20%	-	80%	-	-	26	
CP ₃	8,00	1963,50	0,23	-	-	-	100%	-	-	
*CP ₄	19,00	1963,50	0,51	-	-	100%	-	-	-	
CP ₅	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	23	
CP ₆	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	23	
média geral			0,37	média bloco		0,34	média junta		0,45	
120 dias										
CP ₁	18,00	1963,50	0,48	80%	-	20%	-	-	18	
*CP ₂	21,00	1963,50	0,56	-	-	100%	-	-	-	
CP ₃	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	17	
CP ₄	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	18	
CP ₅	10,00	1963,50	0,28	50%	-	50%	-	-	18	
*CP ₆	24,00	1963,50	0,64	70%	-	30%	-	-	20	
ruptura A			0,43	ruptura C		0,56				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	bloco S ₃		argamassa com aditivo (1:5)	temperatura de cura - mediana (23±5°C)					espessura do revestimento (mm)	
	carga (N)	seção (mm ²)		tensão (MPa)	forma de ruptura					
					a	b	c	d		e
28 dias										
*CP ₁	22,00	1963,50	0,59	-	100%	-	-	-	-	
CP ₂	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	20	
CP ₃	17,00	1963,50	0,46	50%	-	50%	-	-	20	
CP ₄	17,00	1963,50	0,46	70%	30%	-	-	-	21	
*CP ₅	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-	
CP ₆	14,00	1963,50	0,38	100%	-	-	-	-	22	
média geral			0,48	média bloco		0,45	média junta		0,53	
60 dias										
*CP ₁	30,00	1963,50	0,79	-	-	-	100%	-	-	
CP ₂	15,00	1963,50	0,41	100%	-	-	-	-	20	
CP ₃	21,00	1963,50	0,56	100%	-	-	-	-	19	
CP ₄	16,00	1963,50	0,43	-	-	100%	-	-	-	
CP ₅	13,00	1963,50	0,36	-	5%	95%	-	-	-	
CP ₆	15,00	1963,50	0,41	30%	-	70%	-	-	21	
média geral			0,49	média bloco		0,50	média junta		0,79	
91 dias										
CP ₁	21,00	1963,50	0,56	50%	-	50%	-	-	22	
CP ₂	19,00	1963,50	0,51	20%	-	80%	-	-	21	
*CP ₃	26,00	1963,50	0,69	100%	-	-	-	-	19	
CP ₄	19,00	1963,50	0,51	60%	40%	-	-	-	20	
CP ₅	20,00	1963,50	0,53	40%	60%	-	-	-	20	
*CP ₆	27,00	1963,50	0,71	-	-	100%	-	-	-	
média geral			0,59	média bloco		0,53	média junta		0,70	
120 dias										
CP ₁	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-	
CP ₂	21,00	1963,50	0,56	-	100%	-	-	-	-	
*CP ₃	31,00	1963,50	0,81	100%	-	-	-	-	21	
CP ₄	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	19	
CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	100%	-	-	-	-	
*CP ₆	24,00	1963,50	0,64	-	-	-	100%	-	-	
média geral			0,59	média bloco		0,55	média junta		0,81	

Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das argamassas de revestimento em substrato cerâmico

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - segundo a NBR 13528

	carga (N)	bloco S ₃ secção (mm ²)	argamassa com aditivo (1:5) tensão (MPa)	temperatura de cura - alta (40±5°C)					espessura do revestimento (mm)
				forma de ruptura					
				a	b	c	d	e	
28 dias									
*CP ₁	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	-
CP ₂	13,00	1963,50	0,36	70%	30%	-	-	-	18
*CP ₃	13,00	1963,50	0,36	70%	30%	-	-	-	19
CP ₄	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	17
CP ₅	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	16
CP ₆	8,00	1963,50	0,23	70%	30%	-	-	-	21
ruptura A			0,32	ruptura B		0,48			
60 dias									
CP ₁	13,00	1963,50	0,36	100%	-	-	-	-	21
*CP ₂	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	22
CP ₃	16,00	1963,50	0,43	30%	70%	-	-	-	20
CP ₄	10,00	1963,50	0,28	100%	-	-	-	-	21
*CP ₅	19,00	1963,50	0,51	-	-	-	100%	-	-
CP ₆	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	22
ruptura A			0,34	ruptura B		0,43	ruptura D		0,51
91 dias									
CP ₁	19,00	1963,50	0,51	100%	-	-	-	-	23
CP ₂	16,00	1963,50	0,43	100%	-	-	-	-	20
CP ₃	12,00	1963,50	0,33	100%	-	-	-	-	19
*CP ₄	26,00	1963,50	0,69	-	100%	-	-	-	-
*CP ₅	18,00	1963,50	0,48	-	100%	-	-	-	22
CP ₆	11,00	1963,50	0,31	100%	-	-	-	-	21
ruptura A			0,39	ruptura B		0,59			
120 dias									
*CP ₁	18,00	1963,50	0,48	100%	-	-	-	-	21
CP ₂	9,00	1963,50	0,25	100%	-	-	-	-	17
CP ₃	16,00	1963,50	0,43	-	100%	-	-	-	-
*CP ₄	22,00	1963,50	0,59	100%	-	-	-	-	17
CP ₅	20,00	1963,50	0,53	-	100%	-	-	-	-
CP ₆	17,00	1963,50	0,46	100%	-	-	-	-	17
média geral			0,46	média bloco		0,42	média junta		0,53