

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Leonardo Tatsch Machado

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS
PARA REVESTIMENTO**

Porto Alegre
Janeiro de 2018

LEONARDO TATSCH MACHADO

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS
PARA REVESTIMENTO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Angela Borges Masuero

Porto Alegre
Janeiro de 2018

LEONARDO TATSCH MACHADO

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS
PARA REVESTIMENTO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, janeiro de 2018.

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Laís Zucchetti (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Gabriela Cechin (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família, que sempre acreditou em meu potencial e me apoiou em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof. Angela Masuero, orientadora deste trabalho, pela paciência, ajuda e orientação para a realização do mesmo.

Agradeço aos funcionários do LAMTAC/NORIE, Ari e Airton, pela ajuda em todos os dias de ensaio em laboratório, assim como também pelas risadas que aliviavam a tensão gerada pela realização das pesquisas.

Por fim agradeço à minha família, pela união e apoio de sempre, pois sem eles este sonho de ser um engenheiro jamais seria realizado.

É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem a vitória, nem a derrota.

Theodore Roosevelt

RESUMO

A argamassa estabilizada trata-se de uma tecnologia relativamente nova na construção civil, pois os aditivos presentes em sua composição permitem que a mesma se mantenha trabalhável por períodos de até 72 horas, sendo dosada em central e transportada em caminhões betoneiras, chegando preparada no canteiro de obras e prontas pra uso. Por ser recente no mercado da construção, a argamassa estabilizada não possui a mesma quantidade de estudos e pesquisas publicadas que os sistemas convencionais de argamassas (industrializadas ou realizadas em betoneira). A norma brasileira estabelece métodos para a determinação e avaliação das propriedades de argamassas para assentamento e revestimento em geral, mas a argamassa estabilizada, por possuir componentes diferentes de outros tipos de argamassa, possui características distintas, como tempo de cura maior, que devem ser levadas em consideração nos métodos de análise. Neste contexto, este trabalho visa à caracterização e análise de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas para revestimento segundo alguns requisitos da NBR 13281 (ABNT, 2005), através dos ensaios de consistência, de densidade (nos dois estados), de absorção por capilaridade, de tração na flexão e compressão axial, assim como também a avaliação dos níveis de retração, sendo as argamassas estabilizadas fornecidas por dois fabricantes diferentes da região de Porto Alegre e denominadas como “A” e “B”, pela ordem de coleta nas obras. Os resultados obtidos apresentaram níveis baixos e semelhantes de retração entre as argamassas analisadas, porém com grande diferença nos valores de resistência à tração na flexão. Em média, a argamassa “A” apresentou 31% da resistência à tração da argamassa “B”, ao mesmo tempo em que obteve apenas 17% da resistência à compressão. Nos ensaios de absorção por capilaridade, a argamassa “A” absorveu aproximadamente 50% a mais que a argamassa “B”, evidenciando a diferença entre os fornecedores.

Palavras-chave: NBR 13.281. Argamassa Estabilizada. Revestimento. Propriedades. Ensaios normalizados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Recipiente de armazenamento	18
Figura 2 – Fluxograma dos ensaios realizados em laboratório	37
Figura 3 – Recipiente de armazenamento evidenciando a data de validade da argamassa	38
Figura 4 – Balde hermético para armazenamento em laboratório	39
Figura 5 – Medição durante ensaio de consistência	42
Figura 6 – Moldagem com papel filme	43
Figura 7 – Ensaio de tração de absorção em andamento	43
Figura 8 – Vista geral do ensaio: a) de flexão; b) compressão	44
Figura 9 – Moldes para ensaio	54
Figura 10 - Ensaio no relógio comparador	45
Figura 11 – Índice de consistência de argamassas estabilizadas comparadas com industrializadas e produzidas em betoneira	47
Figura 12 – Resistência à tração na flexão das argamassas aos 28 dias de idade	53
Figura 13 – Resistência à compressão axial das argamassas aos 28 dias de idade	58
Figura 14 – Perdas de corpos de prova para ensaio devido a quebra durante a desforma	55
Figura 15 – Níveis de retração da Argamassa A	56
Figura 16 – Variação de massa (%) dos CP's da Argamassa A	57
Figura 17 – Níveis de retração da Argamassa B	57
Figura 18 – Variação de massa (%) dos CP's da Argamassa B	58
Figura 19 – Retração média das argamassas analisadas	59
Figura 20 – Retração para diferentes tipos de argamassas, com diferentes idades de estabilização	60
Figura 21 – Retração de argamassas industrializadas com e sem aditivo hidrofugante ...	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição das argamassas quanto à sua função	21
Quadro 2 – Classificação das argamassas quanto ao tipo	23
Quadro 3 – Classificação das argamassas quanto à densidade no estado fresco	29
Quadro 4 – Classe das argamassas para as propriedades analisadas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação quanto à resistência à compressão	40
Tabela 2 – Classificação quanto à densidade de massa no estado endurecido	40
Tabela 3 – Classificação quanto à resistência à tração na flexão	40
Tabela 4 – Classificação quanto ao coeficiente de capilaridade	40
Tabela 5 – Classificação quanto à densidade de massa no estado fresco	41
Tabela 6 – Índice de consistência das argamassas ensaiadas	46
Tabela 7 – Densidade de massa obtidas em ensaio	48
Tabela 8 – Massa específica de argamassas estabilizadas de Florianópolis/SC	49
Tabela 9 – Densidade de massa de argamassas estabilizadas de Curitiba/PR	49
Tabela 10 – Densidade de massa no estado endurecido	51
Tabela 11 – Absorção de água e coeficiente de capilaridade de diferentes argamassas com idades distintas	51
Tabela 12 – Absorção de água e coeficiente de capilaridade nos intervalos de tempos propostos	51
Tabela 13 – Resistência à tração na flexão e desvios absolutos das argamassas aos 28 dias de idade	52
Tabela 14 – Resistência à compressão axial das argamassas aos 28 dias de idade	54
Tabela 15 – Resultados da retração aos 28 dias de ensaio	59

LISTA DE SIGLAS

AEH – Aditivo Estabilizador de Hidratação

CP – Corpo de Prova

LAMTAC – Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PR - Paraná

RS – Rio Grande do Sul

SC – Santa Catarina

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

E – variação dimensional (mm/m)

d – densidade de massa (kg/m³)

L – leitura efetuada no ensaio de retração (mm)

m – massa do corpo-de-prova (g)

Δm – variação de massa (%)

C – coeficiente de capilaridade (g/dm².min^{1/2})

R_f – resistência à tração na flexão (MPa)

R_c – resistência à compressão axial (MPa)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 OBJETIVO	15
2.2 PRESSUPOSTO	15
2.3 DELIMITAÇÕES	15
2.4 LIMITAÇÕES	16
3 ARGAMASSA ESTABILIZADA	17
3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ARGAMASSA ESTABILIZADA	18
3.1.1 Vantagens	19
3.1.2 Desvantagens	20
3.2 CLASSIFICAÇÃO	21
3.2.1 Classificação quanto à função	21
3.2.2 Classificação quanto ao tipo	22
3.3 MATERIAIS CONSTITUINTES	24
3.3.1 Cimento	24
3.3.2 Cal	25
3.3.3 Areia	26
3.3.4 Aditivos	26
3.3.4.1 Aditivos Incorporadores de Ar	26
3.3.4.2 Aditivos Estabilizadores de Hidratação – AEH	27
3.3.4.3 Aditivos retentores de água	28
3.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	28
3.4.1 Massa específica e Teor de Ar Incorporado	28
3.4.2 Trabalhabilidade	29
3.4.3 Consistência e Plasticidade	30
3.4.4 Retenção de Água	30
3.4.5 Aderência Inicial	30
3.4.6 Retração na secagem	31
3.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	31
3.5.1 Aderência	31
3.5.2 Capacidade de Absorver Deformações	32
3.5.3 Resistência Mecânica	33
3.5.4 Permeabilidade	33

3.5.5 Durabilidade	33
3.5.6 Absorção de água por capilaridade e Coeficiente de capilaridade	34
3.5.7 Retração	34
3.5.7.1 Retração pela hidratação do cimento	35
3.5.7.2 Retração na secagem	35
3.5.7.3 Retração por carbonatação	36
3.5.7.4 Retração térmica	36
4 MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1 COLETA EM OBRA	38
4.2 ENSAIOS DE LABORATÓRIO	39
4.3 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO	41
4.3.1 Índice de Consistência – NBR 13276	41
4.3.2 Densidade de massa no estado fresco	42
4.4 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	42
4.4.1 Densidade de massa no estado endurecido	42
4.4.2 Absorção de água por capilaridade e Coeficiente de Capilaridade	42
4.4.3 Resistência à tração na flexão e compressão	44
4.4.4 Retração	44
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
5.1 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO	46
5.1.1 Consistência	46
5.1.2 Densidade de massa no estado fresco	48
5.2 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	50
5.2.1 Densidade de massa no estado endurecido	50
5.2.2 Absorção de água por capilaridade	50
5.2.3 Resistência à tração na flexão e resistência compressão	52
5.2.4 Retração segundo a NBR 15261	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64
APENDICE A	67
APENDICE B	70

1 INTRODUÇÃO

A crescente expansão do mercado da construção civil nas últimas décadas, associada à constante busca por construir em prazos cada vez menores, fez com que novas tecnologias e métodos construtivos fossem introduzidos aos processos de edificação. Uma destas inovações é a argamassa estabilizada, utilizada pela primeira vez na Alemanha, segundo Casali *et al* (2011), na década de 70, que trata-se uma argamassa pronta para uso, dosada em central, chegando preparada no canteiro de obras. Recente no Brasil, a sua utilização representava cerca de 1% do total de argamassas em obras no ano de 1999 no país, segundo Macioski *et al* (2013). No estado do Rio Grande do Sul, das 109 centrais de concreto existentes, 41 produzem argamassa estabilizada, sendo 9 centrais exclusivas deste tipo de argamassa, de acordo com Masuero (2017).

O uso de argamassas estabilizadas tem aumentado devido ao ganho de produtividade que o material proporciona, principalmente pela sua manutenção da trabalhabilidade por períodos de até 72 horas, conforme afirmam Macioski *et al* (2015). No entanto, as pesquisas relacionadas às suas propriedades não acompanham a velocidade com que este novo processo se consolida no mercado, visto que não há uma normatização específica para argamassas estabilizadas, que se diferenciam das argamassas convencionais devido ao uso de aditivos que possibilitam a sua utilização períodos de até 72 horas, mantendo as características.

Assim como as argamassas convencionais (industrializadas ou realizadas em betoneira), a estabilizada pode ser usada tanto para assentamento quanto para revestimento, sendo a última opção a mais utilizada. Como revestimento, faz parte da vedação do edifício e deve cumprir algumas propriedades, segundo Baía e Sabbatini (2008), para que suas funções sejam atendidas satisfatoriamente.

Um dos fenômenos patológicos mais corriqueiros em fachadas de edifícios com revestimento de argamassa e que compromete suas propriedades e funções, conforme Da Silva (2011), é a fissuração, que pode ter origem em um ou mais fatores, entre eles a retração da argamassa e a resistência mecânica, gerando muitas vezes tensões desfavoráveis em relação às propriedades como resistência à tração e módulo de elasticidade.

Bastos *et al* (2005) afirmam que a importância do estudo da retração das argamassas está associada à qualidade e durabilidade das edificações, pois quando aplicada sobre uma base, a argamassa é impedida de retrair-se livremente devido à aderência da base, causando tensões de tração que podem levar ao aparecimento de fissuras no revestimento.

Tendo em vista a pouca informação disponível sobre as propriedades das argamassas estabilizadas presentes no mercado da região de Porto Alegre/RS, este trabalho tem por objetivo a análise das propriedades de retração, resistência à tração na flexão e compressão, e absorção de água por capilaridade segundo a normalização brasileira destas argamassas coletadas em obras da cidade, assim como a determinação da sua densidade de massa nos estado fresco e endurecido, e do índice de consistência.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes do trabalho estão subdivididas em objetivo, pressuposto, delimitações e limitações, descritas a seguir.

2.1 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho consiste na avaliação das propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas para revestimento oriundas de fornecedores da região de Porto Alegre, com a utilização de ensaios segundo a normatização brasileira e com a comparação com trabalhos anteriores. Serão realizados testes tração e compressão e também de absorção por capilaridade nas amostras recolhidas, assim como o de retração. A avaliação do índice de consistência e de densidade de massa no estado fresco e endurecido são objetivos secundários deste trabalho, comparando os resultados com pesquisas já realizadas sobre argamassas estabilizadas.

2.2 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que os ensaios descritos na norma brasileira são pertinentes para o estudo das propriedades de argamassas para revestimento e que os métodos presentes na norma se aplicam às em argamassas estabilizadas.

2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a ensaios realizados em argamassas estabilizadas de empresas privadas que produzem e comercializam argamassa em Porto Alegre e região metropolitana, recolhidas diretamente em duas obras distintas da cidade, e não diretamente junto aos fornecedores, para tentar melhor simular a realidade do processo construtivo.

2.4 LIMITAÇÕES

Este trabalho limita-se a estudar argamassas de dois fornecedores de argamassa para Porto Alegre, recolhidas em duas obras da região. São argamassas com estabilidade de 48h produzidas entre Novembro e Dezembro de 2017.

3 ARGAMASSA ESTABILIZADA

Argamassas, de acordo com Carasek (2007), são materiais de construção com propriedades de aderência e endurecimento, que são obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo ainda conter aditivos e adições minerais. De acordo com a autora, os primeiros registros do uso de argamassa como material de construção são da pré-história, há cerca de 11.000 anos, tendo como base a cal e a areia, e utilizado como piso polido.

A industrialização das argamassas, segundo Macioski *et al* (2013), começou na década de 50, no entanto somente após o surgimento dos aditivos, nos anos 70, foram produzidas argamassas prontas capazes de manter suas características de uso por mais dias. Segundo os autores, a argamassa estabilizada foi utilizada pela primeira vez em 1980, no Canadá, e em 1982 nos Estados Unidos, e atualmente a sua utilização tem sido considerável em obras de grande porte no Brasil, principalmente na região sul.

Conforme Bauer e Oliveira (2017), as argamassas estabilizadas são produzidas e dosadas em centrais de concreto, entregues úmidas por caminhões betoneira e prontas para uso nos canteiros de obra, e podem ser empregadas por um período de tempo maior do que as argamassas convencionais ou industrializadas devido à presença de aditivos.

Segundo os fornecedores, em obra as argamassas estabilizadas devem ser armazenadas em caixas plásticas ou metálicas, como mostra a figura 1, que servem também como recipientes de medida para controle de volume. Estes recipientes recebem etiquetas indicando a data de vencimento da argamassa, e quando armazenadas para os dias seguintes ao do recebimento devem receber uma película de água, segundo indicação do fornecedor, para que a mistura mantenha suas propriedades – pois evita a evaporação da água da argamassa para o ambiente. Para a sua utilização, deve-se remover a película de água adicionada para armazenamento criando-se um desnível na superfície da argamassa e com o auxílio de baldes.

Figura 1: Recipiente de armazenamento



(fonte: portal Pontual Engenharia, acesso em dez/2017)

Kebhard e Kazmierczak (2017) afirmam que os materiais que constituem as argamassas estabilizadas são o cimento, a cal ou outra adição e areia, aditivos incorporadores de ar, retardadores de pega e retentores de água. Os autores mencionam que os aditivos empregados têm a função de garantir a trabalhabilidade e ampliar o tempo de início de pega do cimento por um grande período de utilização, sem interferir e prejudicar suas características no estado endurecido.

Neste capítulo serão discutidas as definições de argamassa quanto aos seus materiais constituintes e classificação, serão apresentadas suas propriedades no estado fresco e endurecido e serão discutidas vantagens e desvantagens aparentes do seu emprego na construção civil, visto que ainda é um material recente, com poucos estudos sobre o mesmo e sem nenhuma normatização específica para o produto.

3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ARGAMASSA ESTABILIZADA

A utilização de argamassas estabilizadas traz vantagens e desvantagens, tanto considerando a produção quanto a qualidade, e são motivos de estudos em trabalhos acadêmicos e científicos

da engenharia civil. A literatura sobre o tema apresenta resultados semelhantes entre as diversas pesquisas sobre o assunto, no entanto não há nenhuma conclusão definitiva sobre o real desempenho da argamassa estabilizada devido às diferenças de composições e traços entre as fornecedoras do material, que não divulgam a totalidade de suas fórmulas. Assim, os resultados são influenciados pela diferença entre os fornecedores, pelo tempo de estabilização e também pela forma de armazenamento da argamassa.

3.1.1 Vantagens

Segundo Shmid (2011), o emprego da argamassa estabilizada nas obras contribuiu para um aumento de produtividade em 35% ou superior devido à redução de tempos que não agregam valor ao produto, no início e no final do dia, pois não necessita da mistura em obra e se tem a disponibilidade da argamassa em qualquer momento do dia. A não mistura em obra também reduz os resíduos como embalagens de cimento, cal e aditivos, por exemplo, e contribui para a limpeza da obra e para a redução das perdas de materiais, além de reduzir o espaço destinado à estocagem dos mesmos.

Em relação ao custo, Daré e Souza (2014) realizaram um estudo comparando a produtividade da mão de obra entre a utilização de argamassa moldada *in loco* e de argamassa estabilizada. Levando em consideração todos os processos e materiais envolvidos, a argamassa confeccionada *in loco* resultou em um custo 39,3% acima do valor do metro quadrado da argamassa estabilizada, sendo esta foi produzida por profissionais (pedreiros) que trabalhavam sem o auxílio de serventes.

De acordo com Matos (2013), uma melhor qualidade com a utilização de argamassa estabilizada pode ser obtida pelo controle a que os materiais constituintes da mistura recebem em centrais de dosagem (sendo dosadas em massa), eliminando a responsabilidade da dosagem em obra (na maioria das vezes dosadas por volume, sem controle adequado) e obtendo-se assim misturas mais constantes, além de possibilitar maior precisão no custo do metro cúbico do produto.

Ensaio conduzidos por Trevisol Jr. *et al* (2015) compararam propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas com argamassas industrializadas (ensacadas) e com argamassas produzidas em obra. Em seus resultados, a argamassa estabilizada mostrou o melhor desempenho quanto à perda do índice de consistência ao longo do tempo, tendo a

menor redução percentual entre as analisadas, obteve o melhor desempenho em relação ao potencial de aderência e também apresentou os melhores resultados na avaliação da retração e expansão linear, sendo 30% menor que a argamassa que mais retraiu e também expandiu: a produzida em obra. Segundo os autores, os resultados obtidos mostraram que a argamassa estabilizada atendeu os requisitos normativos, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido e independente do intervalo de tempo que foi analisada, sendo uma solução tecnicamente viável.

3.1.2 Desvantagens

Matos (2013) define duas desvantagens do uso de argamassa estabilizadas em relação às argamassas mistas de cal e cimento: A necessidade de se ter um planejamento preciso da quantidade diária a ser utilizada, evitando que falte argamassa, e também o fato de a argamassa estabilizada demorar mais do que o desejado para adquirir rigidez em dias muito úmidos, pois a mesma depende da perda da água de amassamento, seja por absorção do substrato ou por evaporação, para adquirir a resistência necessária.

Em relação às suas propriedades, Kebhard e Kazmierczak (2017) avaliaram o comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização (48 horas), concluindo que ocorreram alterações após 24 horas, como a diminuição do módulo de elasticidade em mais de 20%, queda da trabalhabilidade e diminuição nas resistências a tração na flexão e compressão. Entretanto, segundo os autores estas alterações não acarretaram perda no desempenho da argamassa como revestimento, pois não propiciaram o aparecimento de fissuras e mantiveram a resistência de aderência à tração acima dos 0,3 Mpa recomendados pela NBR 13749 (ABNT, 2013) para o recebimento de revestimento cerâmico.

Já Macioski *et al* (2013) avaliaram as propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas trabaláveis por 72 horas. Em seus resultados, houve redução do índice de consistência e de comportamentos reológicos distintos ao longo do tempo, assim como também uma diminuição da resistência de aderência à tração, que em seus ensaios apresentaram valores próximos aos limites mínimos exigidos para recebimento de revestimento cerâmico em rebocos internos, de 0,2 Mpa, segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013).

3.2 CLASSIFICAÇÃO

Carasek (2007) propõe diversos critérios de classificação da argamassa: quanto à natureza, tipo ou número de aglomerantes, quanto à densidade, plasticidade ou consistência da argamassa, quanto à forma de preparo ou fornecimento, e também quanto à sua função. Neste trabalho serão detalhadas duas formas de classificação, que permitam a melhor definição das argamassas estabilizadas, as quais são o cerne do trabalho.

3.2.1 Classificação quanto à função

De acordo com Carasek (2007), a classificação da argamassa quanto à sua função é dividida em três grupos: para construção de alvenaria, para revestimentos e para recuperação de estruturas. Estes grupos se dividem em grupos menores, definindo o tipo de argamassa, conforme o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Definição das argamassas quanto à sua função

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) - alv. de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimento de pisos	Argamassa de contrapiso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas - colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

(Fonte: adaptado de Carasek, 2007)

Na construção civil, a argamassa estabilizada tem como principais funções o assentamento de alvenaria e o revestimento de paredes. Para o presente trabalho, serão discutidas apenas suas propriedades para a função de revestimento.

O revestimento de argamassa pode ser constituído por diversas camadas, com funções e características específicas, conforme Carasek (2007) e listadas abaixo:

- chapisco: camada de preparo da base a receber revestimento, com a finalidade de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência do revestimento;
- emboço: camada executada para cobrir e regularizar a base a fim de receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo (por exemplo, de cerâmica);
- reboco: camada utilizada para cobrimento do emboço, para receber o revestimento decorativo (pintura, por exemplo) ou que se constitua no acabamento final;
- camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, servindo para base de camada decorativa, como a pintura;
- revestimento decorativo monocamada (RDM) ou monocapa: única camada de revestimento, que faz simultaneamente a função de regularização e de decoração.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), o revestimento de argamassa tem como função proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos, auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções, como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases, regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de regularização para o recebimento de outros revestimentos, ou constituir-se como acabamento final e contribuir para a estética da fachada.

Para que os revestimentos de argamassa possam cumprir adequadamente as suas funções, segundo Baía e Sabbatini (2008), eles precisam apresentar um conjunto de propriedades específicas, relativas à argamassa tanto no estado fresco como no estado endurecido, e o entendimento dessas propriedades e dos fatores que influenciam a sua obtenção permite avaliar o comportamento do revestimento nas diferentes situações de uso.

3.2.2 Classificação quanto tipo

Os critérios de classificação de argamassas quanto ao seu tipo, segundo Carasek (2007), são definidos de acordo com seus materiais constituintes, propriedades e preparo ou fornecimento. O quadro 2 a seguir apresenta os tipos de argamassa de acordo com os critérios de classificação.

Quadro 2 – Classificação das argamassas quanto ao tipo

Critério de classificação	Tipos
Quanto à natureza do aglomerante	* Argamassa aérea
	* Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	* Argamassa de cal
	* Argamassa de cimento
	* Argamassa de cimento e cal
	* Argamassa de de gesso
	* Argamassa de de cal e gesso
Quanto ao número de alomerantes	* Argamassa simples
	* Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	* Argamassa seca
	* Argamassa plástica
	* Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	* Argamassa pobre ou magra
	* Argamassa média ou cheia
	* Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	* Argamassa leve
	* Argamassa normal
	* Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	* Argamassa preparada em obra
	* Mistura semipronta para argamassa
	* Argamassa industrializada
	* Argamassa dosada em central

(fonte: adaptado de Carasek, 2007)

Carasek (2007) afirma que as argamassas mais antigas eram à base de cal e areia, e foram recebendo novos materiais a partir das alterações das técnicas construtivas da engenharia civil. Atualmente, as argamassas geralmente possuem em sua composição o cimento Portland e também aditivos orgânicos para melhorar algumas de suas propriedades, como a trabalhabilidade, mas foi somente no século XIX que surgiram na Europa e nos Estados Unidos as argamassas industrializadas. Segundo a autora, as argamassas industrializadas são misturas secas prontas, com dosagem controlada em plantas industriais, para as quais só é necessária a adição de água na obra, podendo ser fornecidas em sacos ou em silos.

As argamassas estabilizadas, de acordo com Schmid (2011), são argamassas industrializadas úmidas, com seus componentes dosados em peso e misturados com água em uma central dosadora até se obter uma mistura homogênea, fornecidas em caminhões betoneira e descarregadas em recipientes próprios para armazenamento, e prontas para uso.

Kebhard *et al* (2017) sugerem uma classificação das argamassas em função da sua evolução tecnológica, onde as argamassas feitas em obras são consideradas as de primeira geração, a argamassa industrializada a segunda, e a argamassa estabilizada a terceira geração.

3.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

As argamassas são compostas, normalmente, por cimento, cal, areia, aditivos ou adições e água (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Segundo os autores, cada um desses materiais apresenta características próprias que interferem nas propriedades da argamassa e do revestimento, devendo ser consideradas no momento da definição da argamassa. Neste capítulo serão abordadas tais características para cada material constituinte.

3.3.1 Cimento

Dentre os aglomerantes hidráulicos, os cimentos Portland são os mais empregados na produção das argamassas de revestimento no Brasil. Estes precisam de água para que se processem as reações de hidratação, resultando no endurecimento (BAUER; SOUZA, 2005).

Para Schmid (2011), o cimento é o ligante que unirá a massa da argamassa após a pega mas, ao contrário do que pode-se pensar, não é com maior quantidade que se terá a melhor qualidade na argamassa, pois o cimento produz retração, que incrementa o risco de fissuração.

De acordo com Bauer e Souza (2005), a Associação Brasileira de Normas Técnicas normatiza ensaios para a determinação das propriedades físicas dos cimentos Portland, e também especifica os limites exigidos para cada tipo de cimento. Segundo o autor, algumas dessas propriedades e a conseqüente influência nas argamassas e no desempenho dos sistemas de revestimento são: a finura, a pega e a resistência mecânica.

A finura é uma característica ligada à propriedade aglomerante do cimento, segundo Bauer e Souza (2005), pois influencia decisivamente na reatividade e na velocidade das reações químicas que se processam durante a pega e o endurecimento da argamassa. De acordo com os autores, o aumento da finura dos cimentos resulta no aumento da atividade superficial das partículas na hidratação, e está diretamente relacionado à retração e ao risco de fissuração. Conforme Schmid (2011) deve-se evitar os cimentos muito finos e utilizar-se os cimentos intermediários.

A pega é uma propriedade que está relacionada ao desenvolvimento das reações de hidratação do cimento após a mistura com água, e se caracteriza pelo enrijecimento progressivo da pasta de cimento, finalizando com o endurecimento da mesma (BAUER; SOUZA, 2005). Segundo os autores, a avaliação de ensaios para a determinação dos tempos de início e fim de pega é importante para estimar o intervalo de tempo ao longo do qual é possível executar as operações de mistura, transporte e aplicação das composições de cimento, como as argamassas e os concretos, sem alterações prejudiciais no mecanismo de hidratação do aglomerante.

De acordo com Bauer e Souza (2005), o cimento é o principal responsável pelo desenvolvimento das propriedades mecânicas das argamassas de revestimento, e um aumento no teor de cimento aumenta diretamente estas propriedades. A resistência de aderência à tração, segundo o autor, é uma propriedade que se favorece com o aumento do teor de cimento da mistura, porém o mesmo pode ser desfavorável caso o módulo de deformação da argamassa aumente demasiadamente, tornando os sistemas de revestimento pouco deformáveis, contribuindo para o aumento do risco de fissuração e deslocamento de parte do revestimento.

3.3.2 Cal

A cal é o aglomerante mais antigo utilizado pela humanidade. Até a invenção do cimento Portland em 1824, foi o único aglomerante utilizado na construção (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007). De acordo com os autores, é produzida a partir de rochas calcárias, composta basicamente de cálcio e magnésio.

Segundo Bauer e Souza (2005), é um aglomerante que desenvolve seu endurecimento através da transformação da cal em carbonato de cálcio, através de reações com gás carbônico, processo chamado de carbonatação. Podem ser empregados dos tipos de cales na produção de argamassas: a cal virgem (óxido de cálcio, podendo ter magnésio) e a cal hidratada (hidróxido de cálcio, também podendo conter magnésio). Atualmente no Brasil também é comercializada a cal hidráulica, que contém cinza volante como adição.

3.3.3 Areia

De acordo com Bauer e Souza (2005), a areia pode ser definida como o esqueleto dos sistemas de revestimento de argamassa, com influência direta em propriedades como retração, resistência mecânica, módulo de deformação, dentre outras. Para sua classificação para o uso em argamassas, um dos principais parâmetros utilizados é o módulo de finura, que é o resultado das somas das frações retidas acumuladas em peneiras, divididas por 100, obtidas durante ensaio de granulometria determinado pela NBR 7217 (ABNT, 1987). Para Schmid (2011), a granulometria tem efeito decisivo no consumo de água para a obtenção de uma argamassa trabalhável.

3.3.4 Aditivos

Segundo a NBR 11768 (ABNT, 2011), aditivos são produtos adicionados em quantidade não superior a 5% da massa da mistura cimentícia com o objetivo de melhorar algumas de suas propriedades, sem causar nenhum efeito adverso.

Segundo Macioski, Costa e Casali (2015), a propriedade de se manter trabalhável de 36 a 72 horas das argamassas estabilizadas ocorre devido ao retardamento do início da pega da mistura, promovido pela introdução de aditivos retardadores (estabilizadores) e incorporadores de ar.

3.3.4.1 Aditivos Incorporadores de Ar

São materiais orgânicos, segundo Alves (2002), em forma de solução que quando adicionados às argamassas ou ao concreto produzem uma quantidade controlada de bolhas microscópicas de ar, uniformemente dispersas. De acordo com o autor, este tipo de ar não é semelhante com o ar aprisionado, o qual geralmente está presente em concretos e argamassas, irregulares e produzidas devido a um inadequado adensamento ou compactação.

Recena (2012) afirma que os aditivos incorporadores de ar, ao aumentarem a quantidade de ar presente na pasta de argamassa, aumentam conseqüentemente seu volume, viabilizando a utilização de argamassas em traços que não apresentariam uma mínima trabalhabilidade para utilização sem o recurso do aditivo. Estes aditivos, dosados em quantidades adequadas,

podem também melhorar características de concretos e argamassas, como a diminuição da permeabilidade.

Alves (2002), afirma que existem quatro grandes propriedades para se produzir intencionalmente em argamassas, as quais são: a plasticidade, o rendimento, a capacidade de absorver deformações e o impedimento da fissuração.

A presença de ar incorporado proporciona um ganho de plasticidade e um aumento na estruturação do sistema da argamassa, de acordo com Alves (2002). Comparando duas argamassas de mesmo traço e relação água/cimento, porém uma com adição de aditivo incorporador de ar o autor verificou mudança nas características reológicas. Enquanto a sem aditivo apresentou aspecto de “farofa”, a argamassa com aditivo incorporador de ar apresentou aspecto de “mousse”, pois a presença das microbolhas de ar no interior da argamassa diminui a densidade da mesma, aumentando o seu volume para uma mesma quantidade de material, ao se comparar com uma argamassa sem aditivos.

Citando BAUER (2000)¹ e seu trabalho sobre a capacidade de absorção de deformações das argamassas com e sem aditivos incorporadores de ar, Alves (2002) afirma que há uma redução de 50% no valor do módulo de deformação de argamassas com ar incorporado, em relação às argamassas sem a presença do aditivo, podendo prejudicar a funcionalidade do revestimento se a capacidade de deformação não for compatível com as tensões geradas.

A presença do ar incorporado, segundo Alves (2002), permite certa diminuição da quantidade de finos da argamassa, sem alterar a tendência de segregação e exsudação da mesma. Este fato permite que se adicione menos água na mistura para uma mesma condição de aplicação, o que possivelmente reduz a retração plástica e a retração por secagem, segundo o autor, diminuindo a fissuração.

3.3.4.2 Aditivos Estabilizadores de Hidratação - AEH

O aditivo estabilizador de hidratação tem por objetivo controlar a hidratação do cimento, permitindo que se mantenha o estado plástico de concretos e argamassas por algumas horas ou até três dias (GUERREIRO. 2007). Os AEH se diferem de aditivos retardadores

¹ BAUER, E. **Dosagem de argamassas**. Relatório técnico. Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Junho, 2000.

convencionais pelo intervalo de controle sobre a variedade de reações na superfície do grão de cimento.

Segundo MELBYE (1994)² citado por Guerreiro (2007), as características de tempo de pega, endurecimento e resistência dependem da reação do cimento com a água, e os aditivos estabilizadores atuam no controle da hidratação, proporcionando moderada manutenção do abatimento e retardo de pega, afetando o desenvolvimento da resistência inicial mais do que a reologia da argamassa fresca.

3.3.4.3 Aditivos retentores de água

São usualmente polímeros utilizados na forma de solução que quando solúveis produzem um aumento considerável na viscosidade e na retenção de água nos materiais em que são adicionados (SÁVIO; BAUER; SALLES, 2006). De acordo com os autores, os aditivos retentores de água podem ser classificados em quatro principais tipos: Látices poliméricos (dispersões), pó redispersível (pode se juntar após o espalhamento), polímero solúvel em água e polímeros líquidos. Citando OHAMA (1998)³, os autores afirmam que a principal finalidade destes aditivos é modificar ou melhorar propriedades como a resistência, a deformabilidade, a adesão, a impermeabilidade e a durabilidade de materiais à base de cimento, como argamassas e concretos.

Sávio *et al* (2006) afirmam que a influência dos aditivos retentores de água na consistência de argamassas é baseada na forte interação das moléculas dos polímeros presentes com a água, e entre si por pontes de hidrogênio. Ocorre então o aumento na estruturação interna e na estabilidade do sistema, reduzindo a tendência à segregação e exsudação, além de dificultar a saída da água por evaporação para o meio ou por sucção do substrato.

3.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

3.4.1 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado

² MELBYE, T. Shotcrete para soporte de roccas, MBT International Underground Construction Group. Switzerland: division of MBT, 1994.

³ OHAMA, Y. Polymer-based admixtures. Cement and Concrete Composites, vol.20, 1998, p.189-212.

Baía e Sabbatini (2008) definem a massa específica como a relação entre a massa do material e o seu volume, podendo ser absoluta ou relativa. Na determinação da massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes no volume da argamassa, os quais são considerados na relativa. O teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em um certo volume de argamassa, preenchendo seus vazios.

Carasek (2007) afirma que na aplicação manual de argamassa para revestimentos, quanto mais leve a mistura mais trabalhável será a mesma ao longo prazo, pois reduz o esforço do operário para a sua aplicação, acarretando em um aumento de produtividade ao final da jornada de trabalho. A autora propõe um critério para classificação da argamassa quanto à densidade no estado fresco, apresentado no quadro 3.

Quadro 3 – Classificação das argamassas quanto à densidade no estado fresco

Argamassa	Densidade - d [g/cm ³]
Leve	$< 1,40$
Normal	$2,30 \leq d < 1,40$
Pesada	$> 2,30$

(fonte: adaptado de Carasek, 2007)

A NBR 13278 (ABNT, 2005) determina o método de ensaio para a verificação da massa específica de argamassas no estado fresco e representa a relação entre a massa e o volume do material, sendo expressa em g/cm³ com duas casas decimais.

3.4.2 Trabalhabilidade

É a propriedade das argamassas no estado fresco, segundo Carasek (2007), que determina a facilidade com que as mesmas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea. Depende da conjunção de diversas outras propriedades, como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, massa específica, adesão inicial e exsudação.

Para Baía e Sabbatini (2008), uma argamassa para revestimento é considerada trabalhável quando: deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluída; mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada; distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base; não endurece rapidamente quando aplicada.

3.4.3 Consistência e Plasticidade

A consistência de uma argamassa está relacionada à trabalhabilidade da mesma, e pode ser definida através de um índice, mediante método determinado pela NBR 13276 (ABNT, 2016), classificando-a em seca, plástica ou fluida. Segundo Baía e Sabbatini (2008), alguns aspectos interferem nessa propriedade, como as características e a proporção dos materiais constituintes da argamassa.

Carasek (2007) afirma que a consistência e a plasticidade são os principais fatores condicionantes da propriedade “trabalhabilidade”, e são muitas vezes confundidas como sinônimos da mesma. No entanto, enquanto a consistência está relacionada com a fluidez da argamassa, a plasticidade está relacionada à aspereza ou maciez.

3.4.4 Retenção de Água

A retenção de água, segundo Baía e Sabbatini (2008), representa a capacidade da argamassa de reter água de amassamento contra a sucção da base ou por evaporação, permitindo que as reações de endurecimento da argamassa aconteçam de forma gradativa, promovendo a adequada hidratação do cimento e um consequente ganho de resistência. De acordo com os autores, a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação ficam comprometidas com a rápida perda de água de uma argamassa.

A NBR 13277 (ABNT, 2005) estabelece o método para a determinação da retenção de água, que consiste na medida da massa de água retida pela argamassa após a sucção realizada por meio de uma bomba de vácuo a baixa pressão em um funil de filtragem.

3.4.5 Aderência inicial

Também denominada de “pegajosidade”, segundo Carasek (2007), é a capacidade de união inicial da argamassa no estado fresco a uma base. Está relacionada à tensão superficial da pasta aglomerante, pois a redução da tensão superficial favorece a molhagem do substrato, reduzindo o ângulo de contato entre as superfícies e aumentando o contato da pasta com os grãos de agregado e com a base, melhorando a adesão.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), a aderência inicial depende também das características da base de aplicação, como a porosidade, a rugosidade e das condições de limpeza da mesma, e da sua forma de aplicação, devendo ser comprimida após sua aplicação para promover maior contato com a base.

3.4.6 Retração na secagem

O fenômeno da diminuição de volume no endurecimento das argamassas quer devido à perda de água evaporável, quer devido às reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes, é conhecido como retração (FIORITO, 1994). De acordo com Bastos (2001), a perda de água da paste de cimento é a causa principal da retração, desconsiderando o efeito da contração térmica, sendo esta perda ocasionada tanto pela evaporação como pela sucção da base.

Segundo Baía e Sabbatini (2008), a retração pode acabar causando a formação de fissuras no revestimento, podendo ocasionar fissuras prejudiciais ou não. As fissuras prejudiciais são as que permitem a percolação de água pelo revestimento já endurecido, comprometendo sua estanqueidade à água.

3.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

As propriedades da argamassa no estado endurecido se equivalem às propriedades do revestimento, segundo Baía e Sabbatini (2008). Para completa caracterização das suas propriedades deve-se analisar as condições de exposição e a interação com os materiais em contato, que são diferentes em cada caso.

3.5.1 Aderência

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), a aderência é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento, resultantes da resistência de aderência à tração, ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa. Segundo os autores, a aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução do revestimento, da natureza e características da base de aplicação e da sua limpeza superficial antes da execução.

Segundo Carasek (2007), a aderência da argamassa endurecida ao substrato se dá, basicamente, devido à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação, sendo um fenômeno essencialmente mecânico. Um dos parâmetros mais significativos na resistência da aderência é a finura do cimento: quanto mais fino, maior a resistência de aderência obtida, tanto a resistência final quanto a dos primeiros dias.

A NBR 13528 (ABNT, 2010) prevê metodologia que permite a avaliação tanto em obra quanto em laboratório da resistência de aderência à tração de revestimentos, também designada como ensaio de arrancamento. Tão importante quanto os valores da resistência é a análise do tipo de ruptura durante a realização dos testes de arrancamento, pois permite avaliar o tipo e o local de ocorrência da ruptura.

3.5.2 Capacidade de Absorver Deformações

A capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder a aderência (BAÍA; SABBATINI, 2008). Segundo os autores, o revestimento tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude, que são as deformações que ocorrem devido a ação da umidade ou da temperatura, mas não as de grande amplitude, ocasionadas por recalques estruturais ou outros fatores.

Recena (2011) afirma que uma argamassa recobre, em revestimentos, materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica, como concreto e alvenaria de tijolos, devendo absorver de forma eficiente as deformações diferenciais provenientes da resposta dada pelos materiais às solicitações ocasionadas pelas constantes variações térmicas ou de umidade.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), a capacidade de absorver deformações depende: do módulo de deformação da argamassa, que quanto menor maior a capacidade de deformações; da espessura das camadas, pois espessuras maiores contribuem para melhorar esta propriedade, desde que não se tenha espessuras excessivas; das juntas de trabalho do revestimento, que delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações; e da técnica de execução.

3.5.3 Resistência Mecânica

A resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento, segundo Baía e Sabbatini (2008), é a propriedade dos revestimentos de suportarem as ações mecânicas de diferentes naturezas, devidas à abrasão superficial, ao impacto e à contração termohigroscópica.

A NBR 13279 (ABNT, 2005) descreve o método para a determinação da resistência à tração e compressão de argamassas para assentamento e revestimento, no estado endurecido.

3.5.4 Permeabilidade

Baía e Sabbatini (2008) descrevem a argamassa como um material poroso, que permite a percolação da água tanto no estado líquido como no de vapor. O revestimento deve ser estanque à água, mas deve ser permeável ao vapor para favorecer a secagem de umidade de infiltração ou decorrente da ação direta do vapor de água, principalmente nos banheiros.

De acordo com os autores, essa propriedade depende: da natureza da base, da composição e dosagem da argamassa; da técnica de execução; da espessura da camada de revestimento e do acabamento final.

3.5.5 Durabilidade

A durabilidade de uma argamassa, segundo Recena (2011), pode ser entendida como a capacidade de uma argamassa em manter sua estabilidade química e física ao longo do tempo em condições normais de exposição a um determinado ambiente, desde que submetida aos esforços previamente considerados em seu projeto e sem deixar de cumprir as funções para as quais foi projetada.

Baía e Sabbatini (2008) elencam alguns fatores que prejudicam a durabilidade dos revestimentos, tais como: a fissuração, a espessura excessiva, a cultura e proliferação de micro-organismos, a qualidade das argamassas e a falta de manutenção.

3.5.6 Absorção de água por capilaridade e Coeficiente de capilaridade

A capilaridade é uma das propriedades responsáveis pela absorção de água nos revestimentos de argamassas, seja sob a ação da umidade ascensional dos solos ou da água da chuva (BAUER; SALOMÃO; R. FILHO, 2015). Este fenômeno acontece pela movimentação da água pelos capilares do revestimento, e o ensaio de absorção por capilaridade permite avaliar a facilidade de entrada de água e também entender o seu transporte dentro do sistema poroso dos revestimentos.

Bauer *et al* (2015) afirmam que esta propriedade está intimamente ligada com outras propriedades do revestimento de argamassa, como a densidade de massa no estado endurecido, o teor de vazios e o teor de ar incorporado, assim como também pode ser influenciada pelo traço: argamassas com traços mais pobres em cimento apresentam maior absorção por capilaridade.

3.5.7 Retração

A retração, segundo Carasek (2007), é o resultado de um mecanismo complexo, associado à variação de volume da pasta aglomerante e que apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade, podendo ocasionar fissuras no revestimento.

Bastos (2001) afirma que a explicação para a fissuração em revestimentos é a de que a ruptura ocorre quando as tensões de restrição à retração ultrapassam a resistência mecânica à tração do compósito cimentício. Para a diminuição do risco de fissuração, o autor afirma que o material deve possuir extensibilidade adequada, ocasionada por uma combinação favorável do módulo de deformação, que deve ter evolução lenta no tempo de cura, e da resistência à tração, que deve ser superior ao das tensões que impedem a retração.

Segundo Fiorito (1994), a retração é aproximadamente a mesma para diferentes traços de argamassas convencionais, com ou sem cal. De acordo com as conclusões do autor, a retração das argamassas aos sete dias é de 65% a 85% da retração aos 28 dias (com secagem ao ar), sendo que a retração aos 28 dias é cerca de 50% a 60% da retração total.

Neville e Brooks (2013) afirmam que a retração pode ser causada pela perda de água por evaporação, pelas reações de hidratação do cimento e também pela carbonatação, iniciando no estado fresco e prosseguindo após o endurecimento do material, sendo que os mecanismos de retração total se distinguem entre os dois estados.

3.5.7.1 Retração pela hidratação do cimento

Thomaz (1989) define a retração pela hidratação do cimento como retração química, devido à reação entre o cimento e a água, que se dá com redução de volume devido às grandes forças interiores de coesão, que fazem a água combinada quimicamente sofrer uma contração de cerca de 25% de seu volume original.

Da Silva (2011) e Carasek (2007) a definem como retração autógena, consequência da contração química que ocorre quando a água hidrata as partículas de cimento, sendo normalmente acompanhada de um aumento na tensão superficial da água dentro dos capilares sem troca de umidade com o ambiente.

O mecanismo do processo, segundo Da Silva (2011), se dá pela redução da quantidade de água nos poros devido à hidratação do cimento, expandindo o material sólido e refinando a estrutura dos poros, aumentando o volume dos mesmos devido à retração química. Isto reduz o raio de curvatura dos poros, aumentando a retração devido ao incremento da tensão superficial da água contida nos mesmos.

3.5.7.2 Retração na secagem

Se a secagem da argamassa é lenta, a argamassa tem tempo suficiente para atingir a resistência à tração necessária para suportar as tensões internas que surgem, segundo Carasek (2007). No entanto, em dias quentes, secos e com ventos fortes, a evaporação é acelerada, e a perda de água gera fissuras de retração. Este efeito também pode ser observado se a argamassa é aplicada em uma base muito absorvente.

O processo de retração por secagem, segundo Neville e Brooks (2013), ocorre quando há perda da água livre, ou seja, a água nos capilares que não está fisicamente ligada. Este fato induz gradientes internos de umidade relativa no interior da pasta de cimento, de modo que a água, ao longo do tempo, seja transferida para fora da argamassa. Como consequência, a pasta de cimento se contrai, mas com redução de volume diferente ao volume de água removida,

devido à perda inicial de água livre não ocasionar uma contração volumétrica da pasta significativa.

Da Silva (2011) afirma que o teor de água utilizado na mistura é a variável de maior influência na retração por secagem pois influencia diretamente no tamanho e na quantidade de poros: quanto maior a relação água/cimento, maior a porosidade. Segundo o autor, o grau de hidratação do cimento utilizado é outra variável que influencia na retração. Argamassas produzidas com baixo teor de água apresentam baixa quantidade de água nos poros e, conseqüentemente, redução na retração por secagem.

3.5.7.3 Retração por carbonatação

A cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, segundo Thomaz (1989), formando carbonato de cálcio (CaCO_3), reação acompanhada de uma redução de volume, que gera a retração por carbonatação.

Neville e Brooks (2013) definem carbonatação como a reação do dióxido de carbono (CO_2) com o cimento hidratado. Quando o CO_2 entra em contato com a umidade forma o ácido carbônico (H_2CO_3), que reage com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) formando o carbonato de cálcio. A carbonatação ocorre da superfície para o interior e é extremamente lenta, dependendo da permeabilidade e da umidade da argamassa, e do teor de CO_2 e umidade relativa do meio ambiente. Da Silva (2011) afirma que a espessura do revestimento de argamassa é um fator determinante na carbonatação devido à reação limitar-se geralmente a 2 cm de profundidade na superfície.

3.5.7.4 Retração térmica

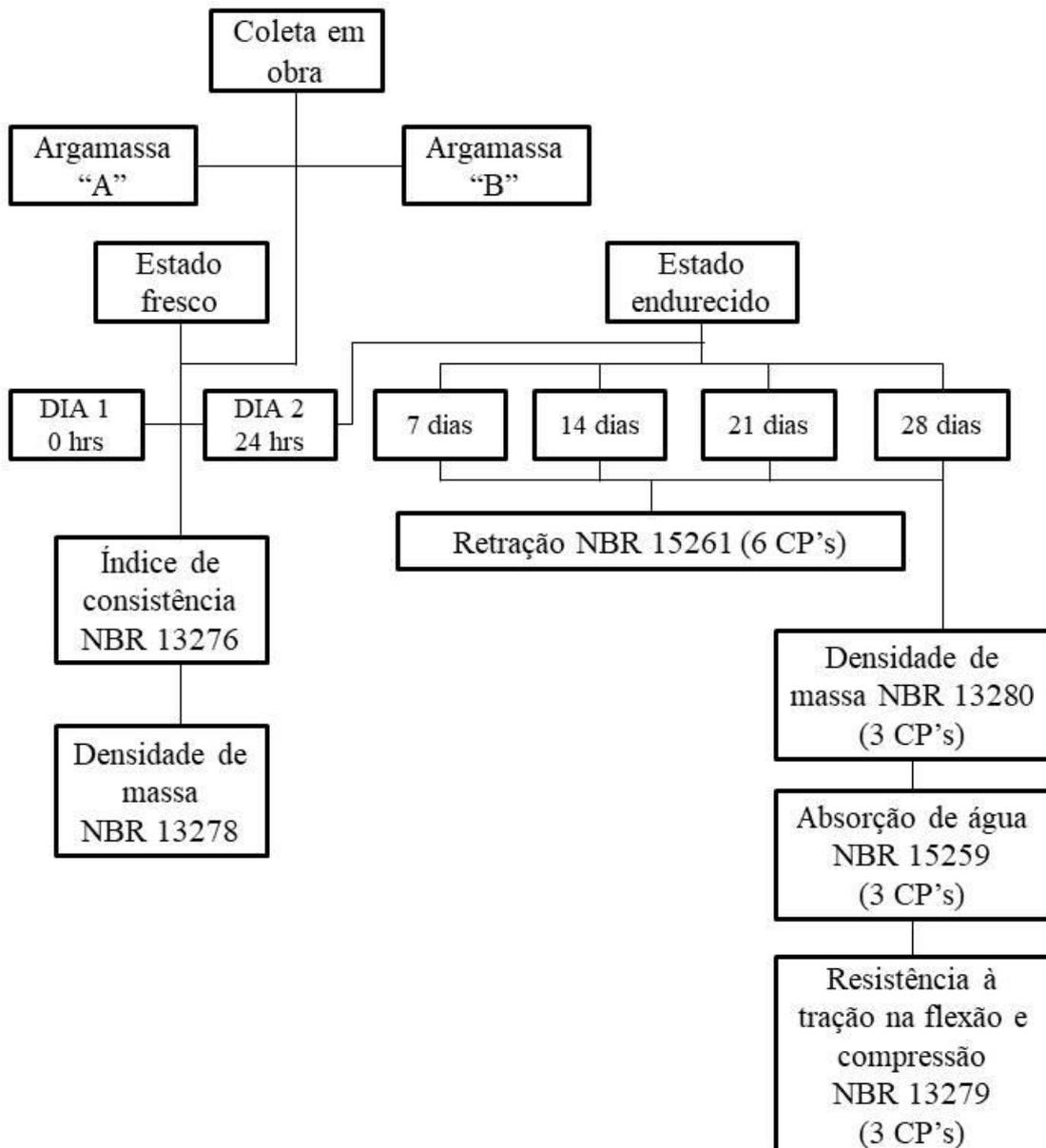
A maioria dos materiais, incluindo as argamassas, sofrem variações volumétricas quando há mudanças de temperatura. A retração térmica, segundo MOHAMED E HANSEN (1996)⁴ citados por Da Silva (2011), ocorre devido à diminuição do calor provocada pela hidratação do cimento e, também, devido à variação da temperatura. Estas mudanças volumétricas são proporcionais ao coeficiente de dilatação térmica da argamassa, que altera-se rapidamente devido à mudança do estado plástico para o estado endurecido, influenciado pela umidade.

⁴ MOHAMED, A. R.; HANSEN, W. Prediction of stresses in concrete pavements subjected to non-linear gradients. **Cement and Concrete Composites**, v. 18, n. 6, p. 381-387, 1996.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a avaliação de suas propriedades, serão analisadas duas argamassas estabilizadas coletadas em duas obras da cidade de Porto Alegre, fornecidas por diferentes empresas da região. Para melhor compreensão do planejamento da pesquisa, criou-se um fluxograma esquemático, apresentado na figura 2, que resume os ensaios realizados em laboratório.

Figura 2 – Fluxograma dos ensaios realizados em laboratório



(fonte: elaborada pelo autor)

4.1 COLETA EM OBRA

As coletas das argamassas estabilizadas foram realizadas mediante o consentimento das empresas fornecedoras e também das empresas que gerenciavam as obras que as utilizavam no revestimento de paredes. Não foi informado pelos fornecedores o traço e a quantidade de água adicionada às argamassas. Nas obras, as argamassas estavam armazenadas em recipientes que continham a data de validade do lote, conforme exemplifica a figura 3, onde a entrega e coleta foram realizadas no dia 06/11/17 (na primeira hora da manhã) e a etiqueta indicava o seu uso até 07/11/17, indicando que a argamassa poderia ser aplicada nestes dois dias. Cada coleta foi realizada no dia da entrega da argamassa na obra, na parte da manhã, diretamente dos recipientes de armazenamento, utilizando um balde hermético de plástico de aproximadamente 20 litros (conforme mostra a figura 4), transportadas tampadas até o laboratório por carro e ensaiadas ainda na parte da manhã, e também durante a tarde. No laboratório, as argamassas, de estabilidade de 48 horas, foram armazenadas com a colocação de aproximadamente 2 cm de lâmina de água sobre o material, sem a tampa do balde, conforme especificação dos fabricantes. Para a remoção da película de água, cria-se um desnível na argamassa, proporcionando o deslocamento da água para o nível mais baixo, retirando-a com o auxílio de pequenos potes.

Figura 3 - Recipiente de armazenamento evidenciando a data de validade da argamassa



(fonte: fotos do autor)

Figura 4 – Balde hermético para armazenamento em laboratório



(Fonte: foto do autor)

4.2 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios para a avaliação das argamassas estabilizadas foram realizados no LAMTAC/NORIE (Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído), da UFRGS. Foram moldados corpos de prova no dia da coleta e um dia após, sempre na parte da manhã, para avaliação do efeito do tempo nas propriedades das argamassas. Para simplificar a identificação da data de moldagem, foi denominado “DIA 1” o primeiro dia de moldagem dos CP’s (dia da coleta da argamassa em obra), e “DIA 2” sendo o dia seguinte ao da coleta, tendo assim as argamassas mais de 24 horas de estabilização. A primeira argamassa coletada foi denominada como “A”, e a segunda como “B”, para preservação da identidade dos fornecedores.

Foi estabelecido como tempo de cura para desforma o tempo de sete dias após as moldagens, para todos os ensaios realizados, pois os corpos-de-prova não apresentavam resistência suficiente para a desforma com idades menores do que uma semana completa. Os corpos de prova foram mantidos nas condições determinadas pelas normas de cada ensaio.

Para classificação da argamassa e avaliação segundo alguns dos requisitos da NBR 13281 (ABNT, 2005), foram realizados ensaios no estado fresco e endurecido. Esta norma especifica os requisitos exigíveis para argamassas utilizadas em assentamento e revestimento de paredes e tetos, e apresenta critérios de classificação conforme as suas características e propriedades, presentes nas tabelas 1 a 5.

Tabela 1 – Classificação quanto à resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

(fonte: NBR 13281, ABNT 2005)

Tabela 2 – Classificação quanto à densidade de massa no estado endurecido

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	Método de ensaio
M1	≤ 1 200	ABNT NBR 13280
M2	1 000 a 1 400	
M3	1 200 a 1 600	
M4	1 400 a 1 800	
M5	1 600 a 2 000	
M6	> 1 800	

(fonte: NBR 13281, ABNT 2005)

Tabela 3 – Classificação quanto à resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

(fonte: NBR 13281, ABNT 2005)

Tabela 4 – Classificação quanto ao coeficiente de capilaridade

Classe	Coefficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

(fonte: NBR 13281, ABNT 2005)

Tabela 5 – Classificação quanto à densidade de massa no estado fresco

Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1 400	ABNT NBR 13278
D2	1 200 a 1 600	
D3	1 400 a 1 800	
D4	1 600 a 2 000	
D5	1 800 a 2 200	
D6	> 2 000	

(fonte: NBR 13281, ABNT 2005)

O teste de consistência e de retração não são possuem requisitos presentes na NBR 13281 (ABNT, 2005), mas foram realizados para melhor avaliação das propriedades e para correlação com os outros ensaios realizados. Os ensaios de retenção de água e de resistência de aderência à tração, que estão presentes na norma de requisitos, não foram realizados.

4.3 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

Para uma melhor avaliação da argamassa, foram realizados dois ensaios no estado fresco: o índice de consistência e a densidade de massa.

4.3.1 Índice de Consistência – NBR 13276

A consistência das argamassas foi determinada através do ensaio de mesa de consistência, conforme diretrizes da NBR 13276 (ABNT, 2016). A figura 5 demonstra o ensaio em andamento.

Figura 5 – Medição durante ensaio de consistência



(fonte: foto do autor)

4.3.2 Densidade de massa no estado fresco

O ensaio de densidade de massa no estado fresco está descrito na NBR 13278 (ABNT, 2005), e calcula-se então a densidade de massa da argamassa no estado fresco através da equação 1.

4.4 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Neste subitem são apresentados a metodologia dos ensaios para avaliação da argamassa no estado endurecido. São eles: densidade de massa, resistência à tração na flexão e compressão, retração e absorção de água.

4.4.1 Densidade de massa no estado endurecido

A densidade de massa foi avaliada conforme a NBR 13280 (ABNT, 2005) que estabelece a determinação desta propriedade no estado endurecido de argamassas para revestimento de paredes e tetos.

4.4.2 Absorção de água por capilaridade e Coeficiente de capilaridade

A NBR 15259 (ABNT, 2005) estabelece o método para determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido.

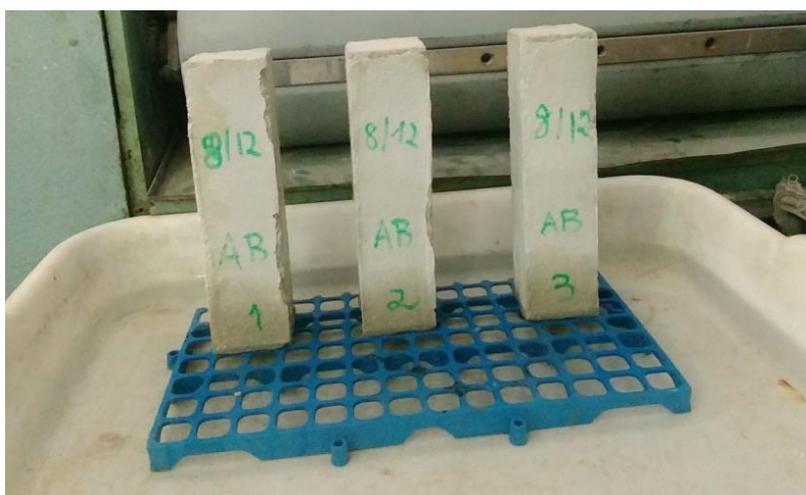
O ensaio de absorção de água foi realizado com CP's moldados conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005), porém moldados com papel filme no lugar do desmoldante à base de óleo, para não ocorrer influência do mesmo nos resultados, conforme mostra a figura 6. A figura 7 mostra o ensaio em andamento no laboratório, com lâmina d'água constante de 5 mm acima da base dos CP's.

Figura 6 – Moldagem com papel filme



(fonte: fotos do autor)

Figura 7 – Ensaio de absorção em andamento

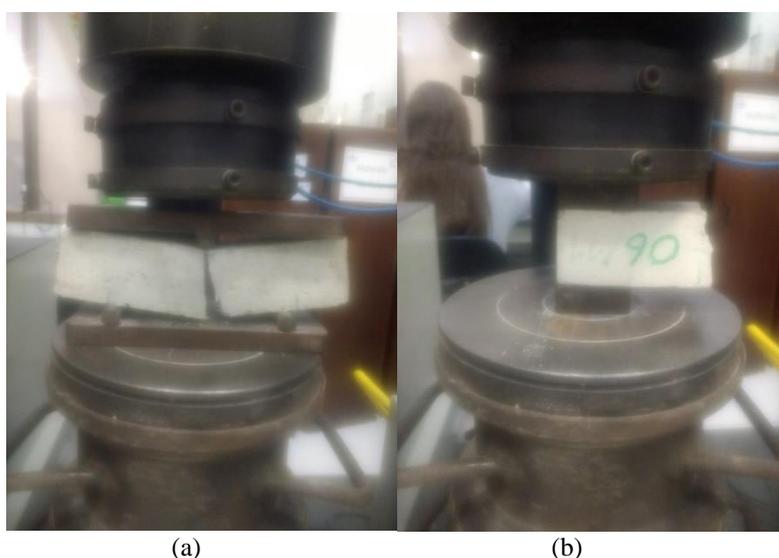


(fonte: fotos do autor)

4.4.3 Resistência à tração na flexão e compressão

A metodologia de ensaio para determinar a resistência à tração na flexão e compressão de argamassas é descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005). No ensaio de resistência à tração na flexão, a prensa aplica carga uniforme e sem choques de 50 N/s, enquanto no teste de compressão axial a prensa aplica carga de 500 N/s. A figura 8 apresenta os ensaios em andamento no laboratório.

Figura 8: Vista geral do ensaio: a) de flexão; b) compressão



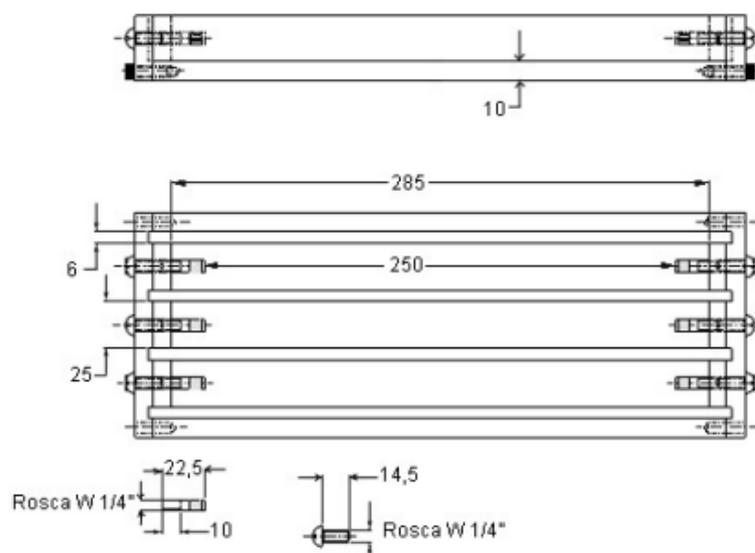
(fonte: fotos do autor)

4.4.4 Retração

A normatização brasileira estabelece método para determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos na fase de endurecimento e secagem, por meio de ensaio padronizado, presente na NBR 15261 (ABNT, 2005).

O método consiste na moldagem de corpos-de-prova prismáticos de dimensões 25 mm x 25 mm x 285 mm, com comprimento efetivo de 250 mm, que se caracteriza pela distância entre as extremidades internas dos pinos de medida que são moldados junto aos corpos-de-prova, conforme a figura 9.

Figura 9 – Moldes para ensaio



(fonte: adaptado de NBR 15261, ABNT 2005)

Logo após a desforma, inicia-se o ensaio de retração medindo-se a massa e a variação linear dos corpos-de-prova, com ajuda de relógio comparador como determina a NBR 15261 (ABNT, 2005) e conforme ilustra a figura 10. Foram realizados os mesmos procedimentos nos dias 7, 14, 21 e 28 transcorridos após a desmoldagem dos CP's. O apêndice B traz os resultados para todos os corpos-de-prova ensaiados, para os dois dias de moldagem das duas argamassas estabilizadas analisadas.

Figura 10 – Ensaio no relógio comparador



(fonte: fotos do autor)

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados e a análise dos mesmos serão discutidos neste capítulo, separados entre o estado fresco e endurecido das argamassas analisadas.

5.1 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

Os ensaios realizados no estado fresco da argamassa foram o de consistência e de densidade de massa, sendo realizados no LAMTAC/NORIE da UFRGS de acordo com a metodologia presente na normalização brasileira.

5.1.1 Consistência

O ensaio para determinação da consistência das argamassas analisadas foi realizado através da mesa de consistência. A tabela 6 apresenta as três medidas e o índice de consistência (média das medidas realizadas) das argamassas analisadas, nos dois dias de análise das mesmas.

Tabela 6 – Índice de consistência das argamassas ensaiadas

MÉTODO DA NBR 13276	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA [mm]			
	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	MÉDIA
Argamassa A - dia 1	255	265	260	260
Argamassa A - dia 2	300	265	270	280
Argamassa B - dia 1	270	275	270	270
Argamassa B - dia 2	265	270	275	270

(fonte: elaborado pelo autor)

Os ensaios de consistência apresentaram resultados semelhantes entre os dias 1 e 2 de análise, indicando que não houve perda do índice de consistência das argamassas no segundo dia de ensaios, possivelmente pela adição da lâmina d'água recomendada pelos fornecedores para armazenamento da argamassa de um dia para outro, mesmo que removida antes de sua utilização. Pode-se notar também que os resultados entre as argamassas A e B foram muito próximos, indicando que os fornecedores trabalham com um índice de consistência

semelhante, ou seja, as duas argamassas possivelmente apresentam trabalhabilidade semelhante.

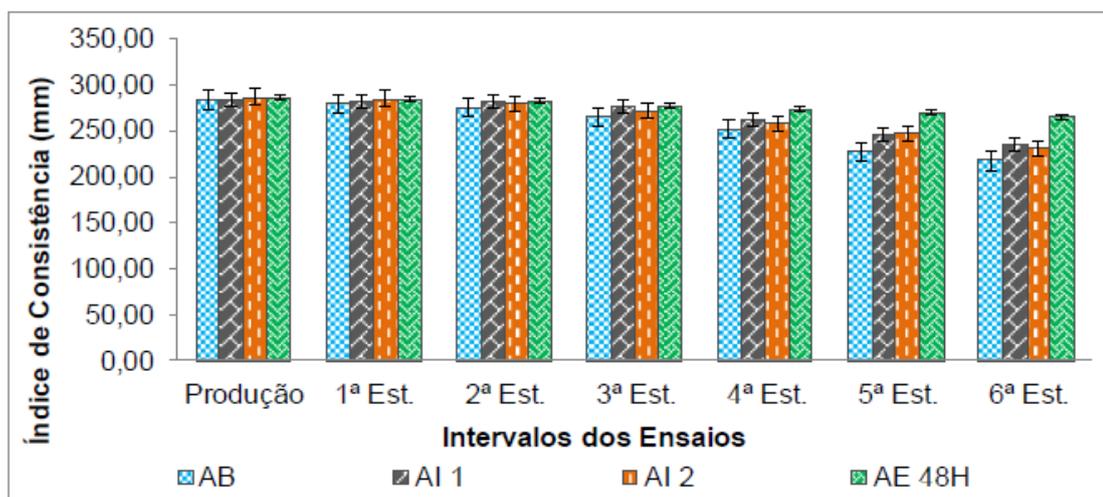
Trevisol Jr. *et al* (2015) analisaram diferentes tipos de argamassas para revestimento, denominadas como:

- Argamassa Produzida em Betoneira = AB
- Argamassa Industrializada I = AI1
- Argamassa Industrializada II = AI2
- Argamassa Estabilizada 48h = AE48H

As argamassas foram analisadas e comparadas em seu trabalho em diferentes intervalos de tempo, chamados pelos autores de estabilidades. Para a argamassa estabilizada, as estabilidades foram estabelecidas de 4 até 48 horas, enquanto para as demais argamassas o intervalo de tempo foi de 10 a 120 minutos.

De acordo com os ensaios de Trevisol Jr. *et al* (2015), a argamassa estabilizada apresenta melhor desempenho quanto à perda do índice de consistência em relação a outros tipos de argamassa, conforme mostra a figura 11, permanecendo com maior fluidez ao longo do tempo de análise, devido a ação dos aditivos incorporadores de ar e estabilizadores de hidratação, pois estes atuam na retenção da água da argamassa fazendo com que a mesma mantenha a sua consistência por mais tempo no ponto para aplicação.

Figura 11 – Índice de consistência de argamassas estabilizadas comparadas com industrializadas e produzidas em betoneira



(fonte: Trevisol Jr. *et al*, 2015)

5.1.2 Densidade de massa no estado fresco

Com a metodologia da NBR 13278 (ABNT, 2005) foi possível avaliar a variação da densidade de massa da argamassa no estado fresco ao longo dos dois dias de utilização da mesma. A tabela 7 apresenta os resultados obtidos nos ensaios realizados.

Tabela 7 – Densidades de massa obtidas em ensaio

MÉTODO DA NBR 13278	DENSIDADE [kg/m ³]
Argamassa A - dia 1	1802,17
Argamassa A - dia 2	1845,31
Argamassa B - dia 1	1916,10
Argamassa B - dia 2	1936,51

(fonte: tabela elaborada pelo autor)

A densidade de massa das argamassas estabilizadas analisadas apresentou baixa variação entre os dias de realização dos ensaios, com aumento de 43,14 kg/m³ para a argamassa A e de 20,41 kg/m³ para a argamassa B. Pode-se notar que a argamassa do fabricante B se mostrou aproximadamente 100 kg/m³ mais densa do que a argamassa do fabricante A, fato que não se repetiu no ensaio de densidade de massa no estado endurecido (tabela 9) onde apresentou densidade menor. A maior densidade da argamassa “B” pode ter relação com o traço e com o teor de ar incorporado, pois contendo componentes mais densos e/ou possuir menos ar incorporado acarreta em uma argamassa mais densa. A argamassa B apresentou somente metade da variação entre dois dias de ensaio. Conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), as duas argamassas são da Classe D5 (densidade entre 1800 e 2200 kg/m³), e de acordo com a classificação de Carasek (2007), também são argamassas normais (nem leves, nem pesadas).

Em pesquisa realizada por Matos (2013) com argamassas estabilizadas de diferentes resistências da região de Florianópolis, fornecidas pelo mesmo fabricante e ensaiadas no primeiro e segundo dia após coleta, a densidade de massa apresentou resultados superiores das argamassas fornecidas em Porto Alegre, sendo no mínimo 200 kg/m³ mais densa, conforme apresenta a tabela 8.

Tabela 8 – Massa específica de argamassas estabilizadas de Florianópolis/SC

Argamassa		Massa Específica (kg/m ³)
6 MPa	1º dia	2119,75
	2º dia	2115,8
9 MPa	1º dia	2194,18
	2º dia	2218,71
14 MPa	1º dia	2077,34
	2º dia *	2060,29

(fonte: adaptado de Matos, 2013)

Já Macioski *et al* (2013), em sua pesquisa, fizeram ensaios com argamassas estabilizadas de diferentes lotes de um mesmo fornecedor da cidade de Curitiba, e realizaram o ensaio de densidade de massa em quatro tempos distintos no primeiro e no segundo dia de recebimento da argamassa em obra. Como mostra a tabela 9, os resultados foram semelhantes aos da argamassa estabilizada fornecida em Porto Alegre.

Tabela 9 – densidade de massa de argamassas estabilizadas de Curitiba/PR

LOTE	DIA	TEMPO (min)	DENSIDADE (Kg/m ³)	Média (Kg/m ³)
Lote 1	Dia 1	0	1870	1862,5
		15	1860	
		30	1860	
		60	1860	
	Dia 2	0	1900	1915,0
		15	1890	
		30	1930	
		60	1940	
Lote 2	Dia 1	0	1790	1782,5
		15	1770	
		30	1790	
		60	1780	
	Dia 2	0	1800	1815,0
		15	1820	
		30	1820	
		60	1820	
Lote 3	Dia 1	0	-	1830,0
		15	1830	
		30	1850	
		60	1810	
	Dia 2	0	1820	1805,0
		15	1800	
		30	1800	
		60	1800	

(fonte: adaptado de Macioski *et al*, 2013)

5.2 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Os ensaios no estado endurecido da argamassa foram realizados no LAMTAC/NORIE da UFRGS. Foram realizados o ensaio de densidade de massa no estado endurecido, tração na flexão e compressão, retração e absorção de água por capilaridade.

5.2.1 Densidade de massa no estado endurecido

Para avaliação da densidade no estado endurecido foram utilizados os mesmos corpos-de-prova moldados para o ensaio de tração na flexão e compressão, antes da realização destes ensaios. A tabela 10 apresenta os resultados obtidos em laboratório.

Tabela 10 – Densidade de massa no estado endurecido

MÉTODO DA NBR 13280	DENSIDADE [kg/m ³]			
	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA
Argamassa A - dia 1	1715,81	1748,39	1881,88	1782,03
Argamassa A - dia 2	1677,28	1723,79	1743,93	1715,00
Argamassa B - dia 1	1702,86	1724,15	1688,24	1705,08
Argamassa B - dia 2	1657,15	1630,51	1725,10	1670,92

(fonte: tabela elaborada pelo autor)

Pode-se observar a diminuição da densidade de massa das argamassas entre os dias de moldagem dos CP's de ensaio, de 67,03 kg/m³ para a argamassa A e de 34,16 kg/m³ para a argamassa B. Assim como no ensaio de densidade de massa no estado fresco, a argamassa B apresentou metade da variação de densidade entre os dois dias de ensaio. No entanto, os valores médios ficaram abaixo dos da argamassa A, diferentemente do ensaio no estado fresco. De acordo com a classificação da NBR 13281 (ABNT, 2005), as duas argamassas pertencem à classe M5, classe que abrange as argamassas com densidade de 1600 a 2000 Kg/m³.

5.2.2 Absorção de água por capilaridade

A tabela 11 a seguir mostra os resultados obtidos para a absorção de água e para o coeficiente de capilaridade das amostras ensaiadas, com os ensaios realizados aos 28 dias de moldagem de cada corpo-de-prova.

Tabela 11 – Absorção de água e coeficiente de capilaridade de diferentes argamassas com idades distintas

MÉTODO DA NBR 15259	ABSORÇÃO								COEFICIENTE DE CAPILARIDADE
	CP 1		CP 2		CP 3		MÉDIA		
	10 mín	90 mín	[g/dm ² .min ^{1/2}]						
	[g/cm ²]								
Argamassa A - dia 1	0,26	0,47	0,22	0,46	0,25	0,46	0,24	0,46	0,0352
Argamassa A - dia 2	0,23	0,42	0,24	0,44	0,23	0,43	0,23	0,43	0,0311
Argamassa B - dia 1	0,15	0,37	0,11	0,24	0,12	0,28	0,13	0,30	0,0272
Argamassa B - dia 2	0,13	0,28	0,14	0,29	0,15	0,33	0,14	0,30	0,0253

(fonte: tabela elaborada pelo autor)

Os resultados obtidos mostram que as duas argamassas são da Classe C1, conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), que engloba as argamassas com coeficientes de capilaridade menores que 1,5 g/dm².min^{1/2}. O ensaio realizado mostrou que a argamassa A obteve níveis de absorção maiores do que a argamassa B. Tal fato pode ser explicado pela maior densidade apresentada pela argamassa “A” no estado endurecido, pois sendo “B” menos densa provavelmente também apresente maior teor de ar incorporado (efeito do aditivo), o que diminui a facilidade de percolação da água entre os capilares. No entanto, os níveis médios de absorção não apresentaram grande diferença pelos dias de moldagem dos corpos-de-prova, assim como o coeficiente de capilaridade.

Trevisol Jr. *et al* (2015) analisaram o coeficiente de capilaridade de diferentes tipos de argamassas para revestimento. Os resultados de seus ensaios de absorção estão presentes na tabela 12.

Tabela 12 – Absorção de água e coeficiente de capilaridade nos intervalos de tempos propostos

1 ^a Estabilidade		AE48H	AI1	AI2	AB
	Abs 10 Minutos (g/cm ²)	0,198	0,280	0,228	0,228
Abs. 90 minutos (g/cm ²)	0,463	0,636	0,618	0,598	
Coef. Capilaridade (g/dm ² .vmin)	0,042	0,056	0,062	0,059	
4 ^a Estabilidade		AE48H	AI1	AI2	AB
	Abs 10 Minutos (g/cm ²)	0,257	0,345	0,353	0,419
Abs. 90 minutos (g/cm ²)	0,456	0,579	0,659	0,657	
Coef. Capilaridade (g/dm ² .vmin)	0,032	0,037	0,048	0,038	
6 ^a Estabilidade		AE48H	AI1	AI2	AB
	Abs 10 Minutos (g/cm ²)	0,335	0,430	0,475	0,484
Abs. 90 minutos (g/cm ²)	0,471	0,650	0,676	0,629	
Coef. Capilaridade (g/dm ² .vmin)	0,022	0,035	0,032	0,023	
Média	Absorção média 10 minutos (g/cm ²)	0,263	0,351	0,352	0,377
	Absorção média 90 minutos (g/cm ²)	0,463	0,622	0,651	0,628
	Coefficiente Médio (g/dm ² .vmin)	0,032	0,043	0,047	0,040

(fonte: Trevisol Jr. *et al*, 2015)

Conforme os resultados de Trevisol Jr. *et al* (2015), a argamassa estabilizada de sua pesquisa apresentou níveis de absorção e de coeficiente de capilaridade muito próximos aos das argamassas estabilizadas analisadas neste trabalho, apresentadas na tabela 10. Em comparação com as argamassas industrializadas e com as produzidas em betoneira, as argamassas estabilizadas apresentaram melhores resultados para todas as idades ensaiadas, apresentando níveis de absorção e coeficiente de capilaridade sempre menores, provavelmente pela presença dos aditivos incorporadores de ar, que dificultam a percolação da água através dos capilares por incorporarem microbolhas de ar uniformemente dispersas, sem conexões entre si.

5.2.3 Resistência à tração na flexão e compressão

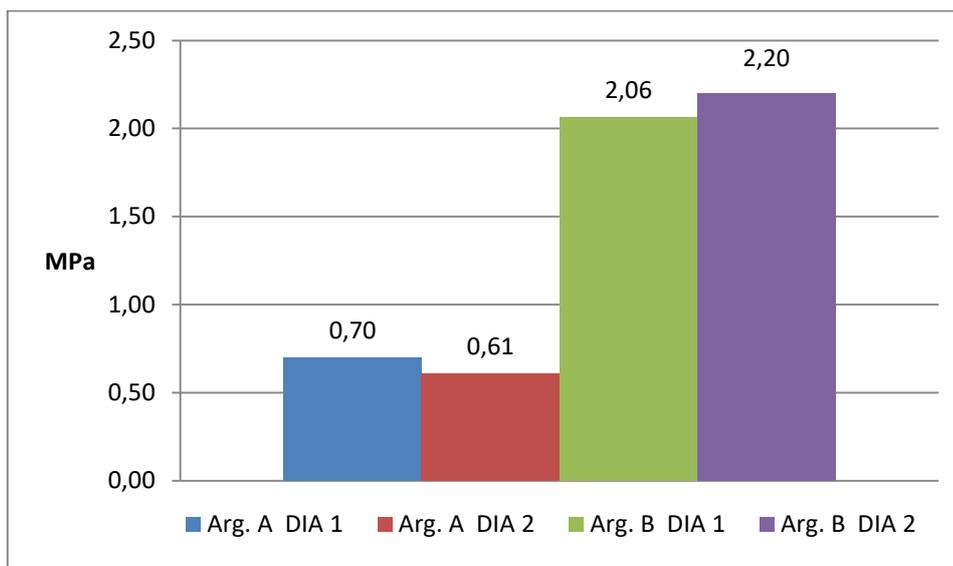
Com os CP's curados por 28 dias, foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão axial conforme determina a NBR 13279 (ABNT, 2005). A tabela 13 e a figura 12 trazem os resultados das médias obtidas no ensaio de tração na flexão, sendo que os valores para cada corpo-de-prova estão presentes no Apêndice A.

Tabela 13 – Resistência à tração na flexão e desvios absolutos das argamassas aos 28 dias de idade

MÉTODO DA NBR 13279	Força Média (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)	DESVIO ABS (MPa)
Arg. A DIA 1	516,70	0,70	0,07
Arg. A DIA 2	260,50	0,61	0,22
Arg. B DIA 1	880,20	2,06	0,28
Arg. B DIA 2	1025,00	2,20	0,02

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 12 – Resistência à tração na flexão das argamassas aos 28 dias de idade



(fonte: realizado pelo autor)

Os resultados iniciais obtiveram desvio absoluto máximo maior que 0,3 MPa para dois CP's: um na argamassa A do dia 1 e outro na argamassa B do dia 2. Conforme determina a NBR 13279 (ABNT, 2005), quando isto ocorre o valor discrepante deve ser excluído dos cálculos, refazendo a média e verificando novamente o novo desvio. A figura 12 e a tabela 13 já mostram os resultados com a exclusão dos CP's que ultrapassaram o limite de 0,3 MPa, e apresentam a grande diferença entre a resistência das argamassas A e B. Enquanto a argamassa A pertence à Classe R1, a argamassa B se enquadra na Classe R3, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005).

Na pesquisa realizada por Kebhard e Kazmierczak (2017) com argamassa de estabilização de 36 horas, a resistência a tração ao longo do tempo de estabilização da argamassa variou de 2,2 a 2,4 MPa, valores semelhantes ao da argamassa "B" analisada neste trabalho.

No trabalho de Trevisol Jr. *et al* (2015), a resistência à tração na flexão da argamassa estabilizada analisada também manteve valores entre 2,2 e 2,4 MPa, indicando que são valores comuns em argamassas estabilizadas para revestimento.

A argamassa "A" analisada neste trabalho, no entanto, apresentou valores muito abaixo aos da literatura presente, com resultados menores do que o limite inferior da NBR 13281 (ABNT, 2005) de 1,5 MPa.

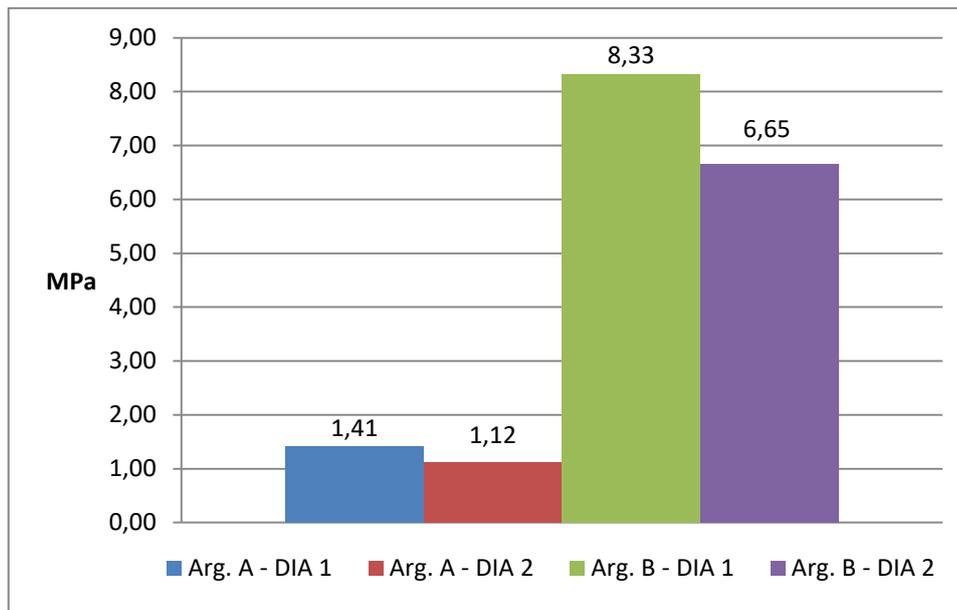
No ensaio de resistência à compressão axial são obtidos dois resultados por CP moldado, pois estes são oriundos das metades dos 3 corpos-de-prova ensaiados à flexão. Os valores individuais constam no Apêndice A, e os valores médios obtidos estão na tabela 14 e na figura 13.

Tabela 14 – Resistência à compressão axial das argamassas aos 28 dias de idade

MÉTODO DA NBR 13279	Força Média (N)	Resistência média à Compressão Axial (MPa)	DESVIO ABS (MPa)
Arg. A DIA 1	2262	1,41	0,41
Arg. A DIA 2	1798	1,12	0,14
Arg. B DIA 1	13320	8,33	0,90
Arg. B DIA 2	10640	6,65	4,09

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 13 – Resistência à compressão axial das argamassas aos 28 dias de idade



(fonte: elaborado pelo autor)

Os resultados obtidos evidenciam a diferença de resistência entre as duas argamassas analisadas: enquanto a argamassa A é classificada como P1, a argamassa B seria classificada como P5, conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005). No entanto, os resultados da argamassa B apresentaram muitos resultados com desvio máximo superior a 0,5 MPa, resultando em menos de 4 CP's com desvio dentro do intervalo aceitável pela NBR 13279 (ABNT, 2005). Por esta razão, o ensaio de resistência à compressão axial na argamassa B deveria ser refeito.

De qualquer forma, cabe ressaltar que o nível de resistência encontrado é bastante elevado para argamassa de revestimento de parede, sendo maior que a resistência à compressão da maioria dos blocos de vedação, podendo ocasionar fissuras no revestimento devido à retração ou movimentação da estrutura pelo fato de os materiais apresentarem resistências discrepantes.

Em comparação com os trabalhos de Kebhard e Kazmierczak (2017) e de Trevisol Jr. *et al* (2015), que apresentaram níveis de resistência à compressão axial entre 4,8 e 5,4 MPa, e entre 7,0 e 7,2 MPa respectivamente, pode-se afirmar que a argamassa “A” analisada neste trabalho apresenta resistência muito inferior aos níveis médios de argamassas estabilizadas presentes na literatura, inferiores ao limite de 2,0 MPa proposto pela NBR 13281 (ABNT, 2005) enquanto a argamassa “B” apresentou resultados superiores aos encontrados nas pesquisas.

5.2.4 Retração segundo a NBR 15261

Foram moldados seis corpos de prova em cada dia para cada uma das argamassas analisadas neste trabalho. No entanto, como mostra a figura 14 a seguir, a argamassa “A” apresentou muitos problemas de quebra durante a desforma aos 7 dias devido à sua baixa resistência à flexão e compressão, resultando em apenas dois CP’s por dia. A argamassa “B” apresentou duas quebras somente na moldagem do dia 1, sendo possível o aproveitamento de todos os CP’s do dia 2.

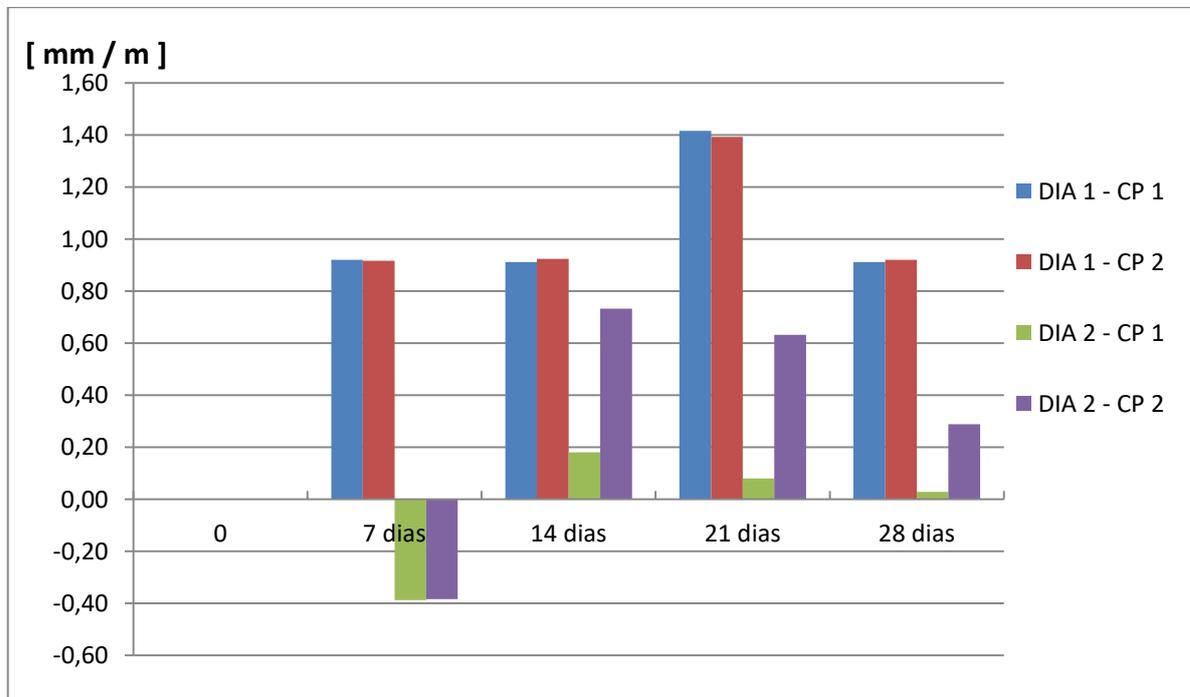
Figura 14: Perdas de corpos de prova para ensaio devido a quebras durante a desforma



(fonte: fotos do autor)

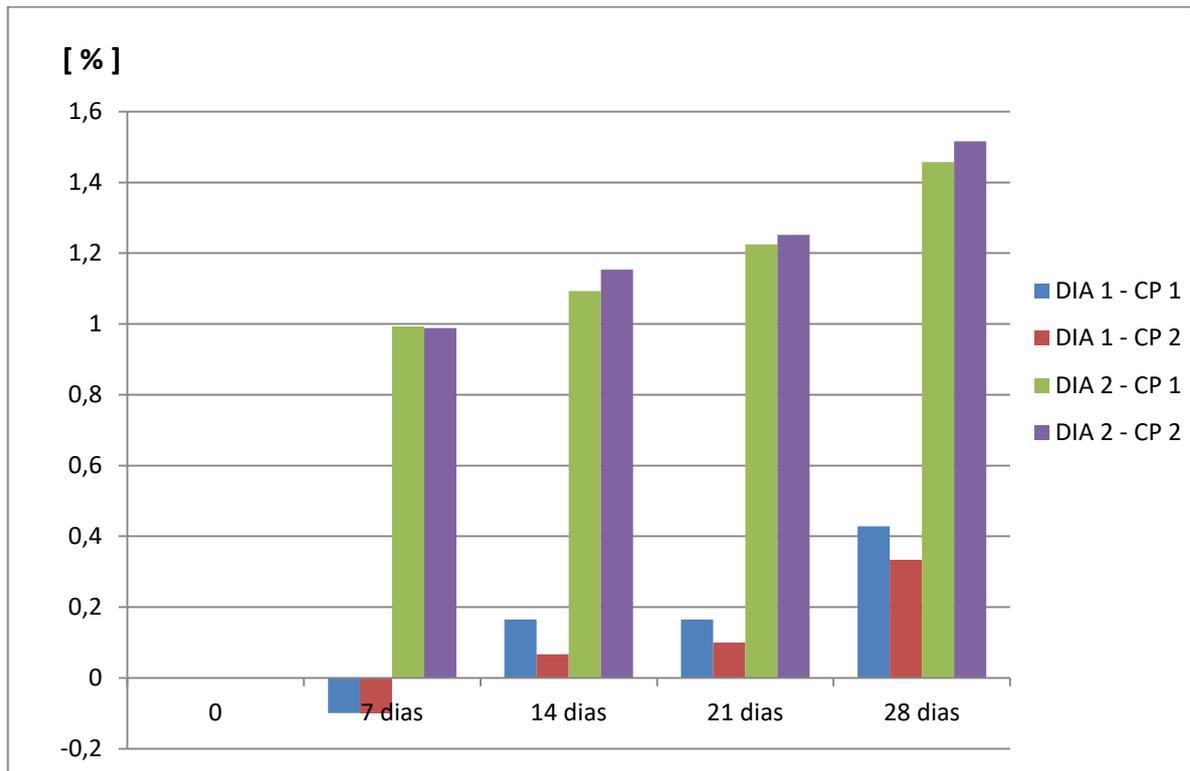
Os resultados dos ensaios de retração para os dias 1 e 2 da argamassa A estão presentes na figura 15 enquanto os resultados da argamassa B para as diferentes idades estão presentes na figura 17. Cabe salientar que os resultados de retração tiveram o sinal invertido para melhor ilustração gráfica, já que segundo a NBR 15261 (ABNT, 2005) os resultados de retração são expressos com sinal negativo e de expansão positivos. Portanto, o sinal positivo nas figuras 15 e 17 significam retração, e os negativos expansão linear. As figuras 16 e 18 apresentam os resultados da variação de massa de cada CP, em porcentagem, para a argamassa “A” e “B”, respectivamente, para melhor avaliação dos resultados.

Figura 15 – Níveis de retração da Argamassa A



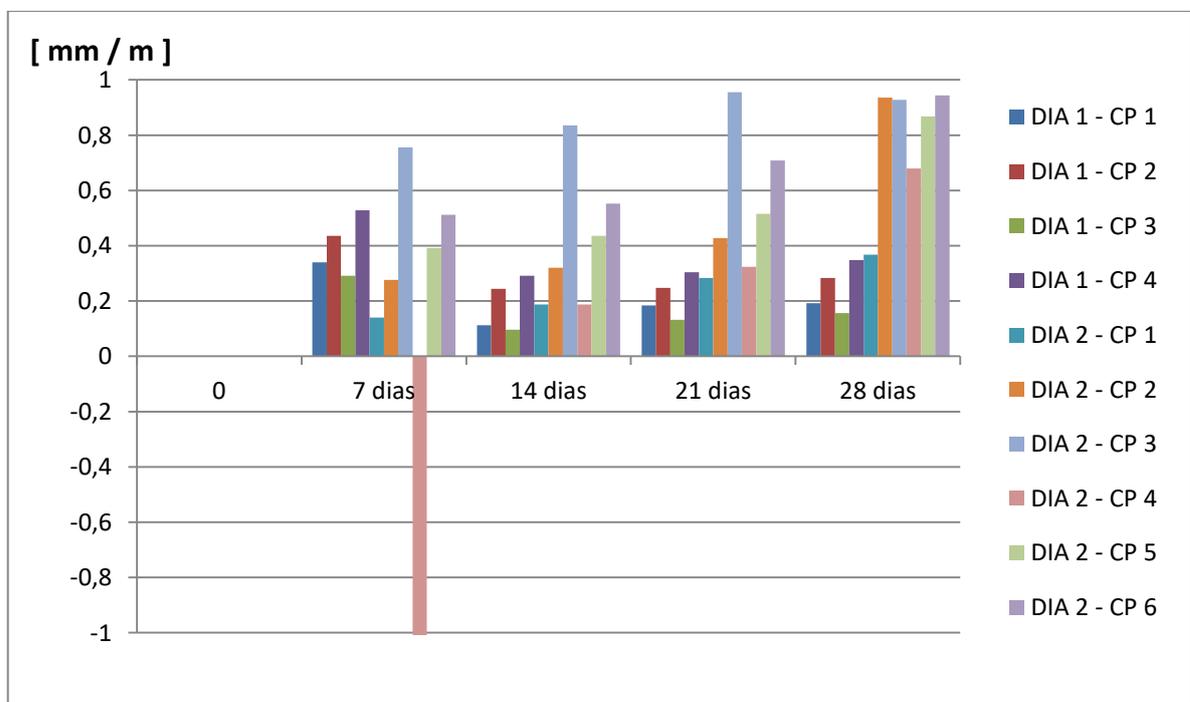
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 16 – Variação de massa (%) dos CP's da Argamassa A



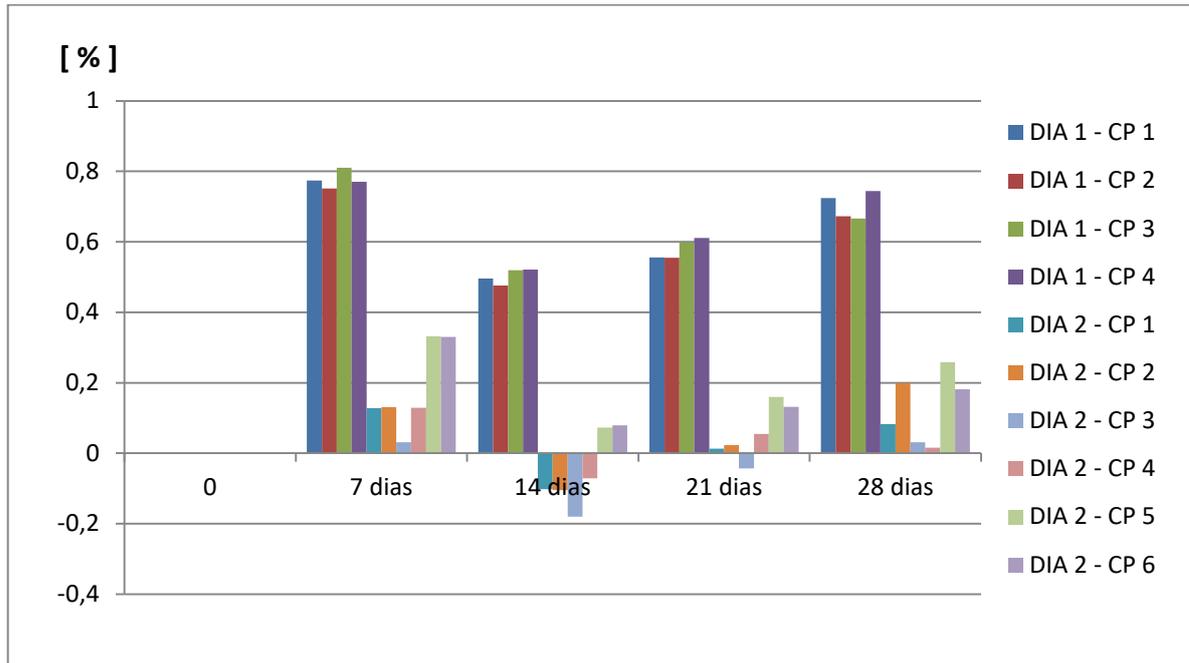
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 17 - Níveis de retração da Argamassa B



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 18 - Variação de massa (%) dos CP's da Argamassa B



(fonte: elaborado pelo autor)

Como podem ser observadas nas figuras 15 e 17, as curvas de retração apresentaram semelhança entre os corpos-de-prova ensaiados no mesmo dia para ambas as argamassas, assim como a mesma variação aproximada de massa (figuras 16 e 18). No entanto, diferenciou-se entre os dias de moldagem dos CP's, tendo a argamassa "A" moldada no dia 1 seu maior nível de retração aos 21 dias de ensaio (1,4 mm/m), apresentando o mesmo valor aproximado de 0,9 mm/m nos dias 7, 14 e 28 de ensaio.

A argamassa "A" moldada no dia 2 apresentou expansão aos 7 dias de ensaio de 0,4 mm/m para os dois corpos-de-prova, apresentando retração somente aos 14 dias. No entanto, apresentou diferença entre os níveis de retração dos CP's analisados, atingindo seu maior valor aos 14 dias (aproximadamente 0,45 mm/m em média) e seu menor valor aos 28 dias (aproximadamente 0,15 mm/m em média).

A argamassa B também apresentou diferenças de retração entre os dias de moldagem dos corpos-de-prova. Enquanto a moldagem do dia 1 apresentou os maiores níveis de retração aos 7 dias de ensaio (de 0,40 mm/m em média), a moldagem do dia 2 apresentou os maiores valores aos 28 dias de ensaio, com 0,79 mm/m de retração em média (o dobro de retração da moldagem do dia 1). A variação de massa do dia 1 apresentou os mesmos valores aproximados para os CP's ensaiados, enquanto o dia 2 apresentou variações desiguais de

massa entre os corpos-de-prova moldados, o que dificulta fazer alguma relação entre a retração e a variação de massa dos mesmos.

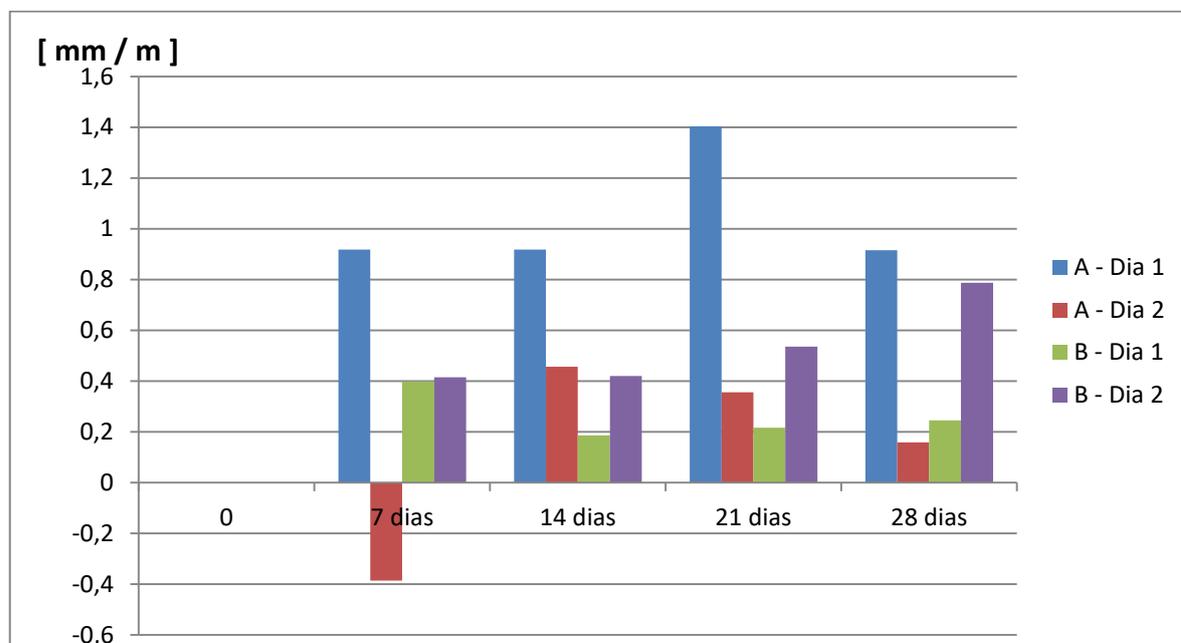
Para análise da retração aos 28 dias de ensaio foram calculadas as médias e os desvios absolutos de cada dia ensaio. Conforme determina a NBR 15261 (2005), o desvio absoluto da variação dimensional dos CP's não pode ultrapassar 0,20 mm/m, tendo que se refazer os ensaios se este limite for ultrapassado. A tabela 15 mostra os resultados da retração média aos 28 dias para cada argamassa, assim como o desvio absoluto das mesmas, e a figura 19 apresenta graficamente os resultados médios de retração para cada dia de moldagem.

Tabela 15 – Resultados da retração aos 28 dias de ensaio

RETRAÇÃO AOS 28 DIAS NBR 15261		Retração Média [mm/m]	DESVIO ABS. MÁXIMO [mm/m]	Variação de Massa Média [%]	DESVIO ABS. MÁXIMO [%]
Argamassa A	DIA 1	0,916	0,004	0,381	0,047
	DIA 2	0,158	0,130	1,486	0,029
Argamassa B	DIA 1	0,245	0,103	0,702	0,042
	DIA 2	0,871	0,191	0,137	0,122

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 19 – Retração média das argamassas analisadas



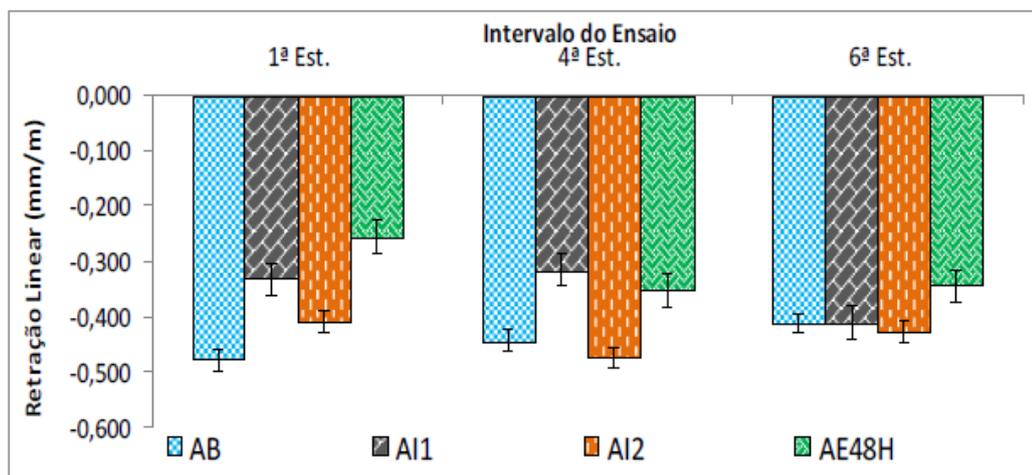
(fonte: elaborado pelo autor)

As argamassas estabilizadas analisadas apresentaram resultados distintos entre si. Enquanto a argamassa “A” apresentou os maiores níveis de retração na moldagem do dia 1 (dia da coleta da mesma), a argamassa B apresentou os valores mais altos no dia 2, possivelmente devido às diferenças de composição e traço que existem entre os fornecedores. Com isso, não se pôde fazer qualquer relação sobre a influência do dia de aplicação das argamassas estabilizadas em relação à retração. Pôde-se observar apenas que os níveis de retração apresentados pelas argamassas dos maiores fornecedores de Porto Alegre foram baixos, apresentando resultados em sua maioria abaixo de 1,0 mm/m, com um máximo de aproximadamente 1,4 mm/m.

Comparando-se com resultados de pesquisas, as argamassas estabilizadas analisadas apresentaram níveis de retração semelhantes a argamassas estabilizadas de outros fornecedores, assim como também a outros tipos de argamassas (convencionais e industrializadas).

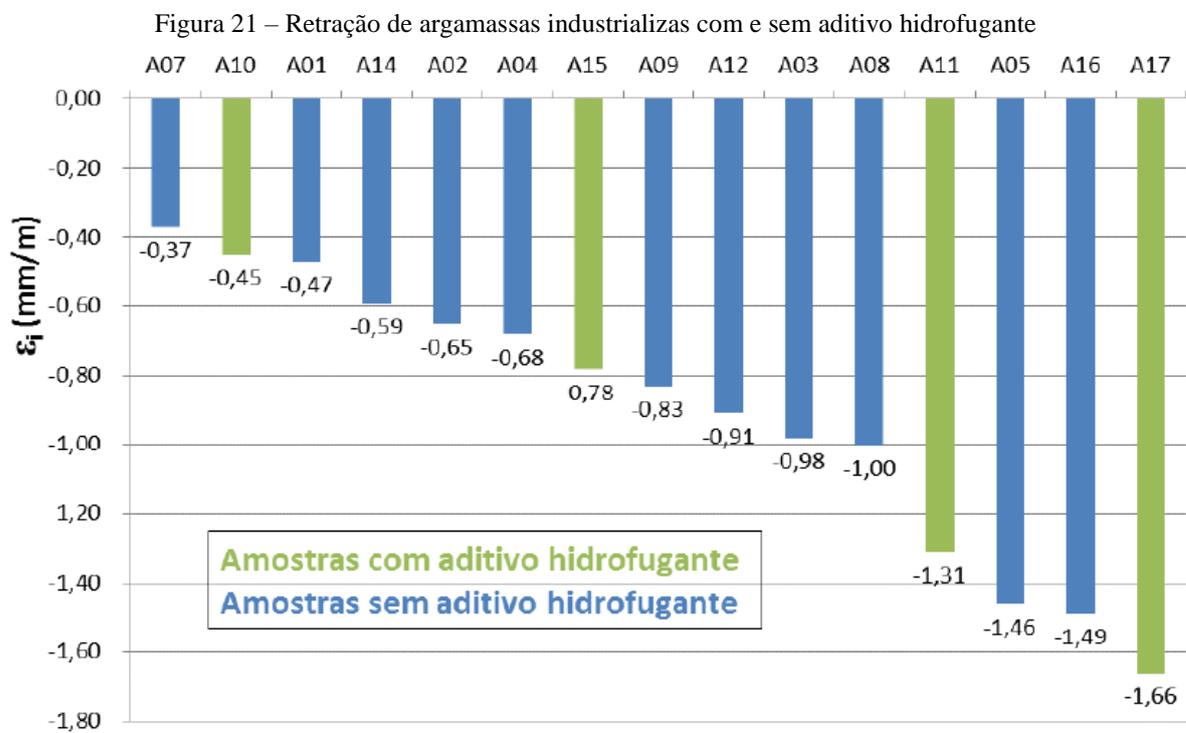
Trevisol Jr. *et al* (2015), em sua pesquisa comparando argamassas estabilizadas de 48 horas com argamassas industrializadas e com argamassas misturadas em betoneira, apresentaram resultados semelhantes aos das argamassas “A” e “B” encontradas neste trabalho, como mostra a figura 20. Os autores, conforme explicado no subitem 5.2.2, ensaiaram as argamassas em diferentes idades de estabilização, e encontraram em todas as idades resultados inferiores a 0,5 mm/m, tendo a argamassa estabilizada apresentado os menores valores de retração. Salienta-se que os autores não inverteram o sinal dos resultados de retração, como foi feito neste trabalho.

Figura 20 – Retração para diferentes tipos de argamassas, com diferentes idades de estabilização



(fonte: Trevisol Jr. *et al*, 2015)

Em pesquisa realizada por Bauer, Salomão e Filho (2015), onde os autores ensaiaram à retração argamassas industrializadas de fornecedores de diversas regiões do Brasil (Bahia, Brasília, Goiás e Minas Gerais), as argamassas analisadas apresentaram níveis de retração também semelhantes aos das argamassas estabilizadas “A” e “B” ensaiadas neste trabalho, apresentando níveis de retração entre 0,37 e 1,66 mm/m, como mostra a figura 21. Os autores identificaram e separaram as argamassas industrializadas conforme a indicação da presença ou não de aditivos hidrofugantes em suas fórmulas, e não invertem o sinal dos resultados de retração.



(fonte: Bauer, Salomão e Filho, 2015)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal a avaliação de argamassas estabilizadas para revestimento de fornecedores da região de Porto Alegre. A classificação de propriedades no estado fresco e endurecido foi realizada através dos requisitos e ensaios determinados pela NBR 13281 (ABNT, 2005), resumidas no quadro 4. A partir da análise dos resultados obtidos, é possível apresentar as considerações finais a seguir.

Quadro 4 – Classes das argamassas para as propriedades analisadas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005)

ARGAMASSA	CLASSE - NBR 13281				
	DENSIDADE NO ESTADO FRESCO	DENSIDADE NO ESTADO ENDURECIDO	COEFICIENTE DE CAPILARIDADE	TRAÇÃO NA FLEXÃO	COMPRESSÃO AXIAL
A DIA 1	D5	M5	C1	R1	P1
A DIA 2	D5	M5	C1	R1	P1
B DIA 1	D5	M5	C1	R3	P5
B DIA 2	D5	M5	C1	R3	P5

(fonte: elaborado pelo autor)

Para os ensaios no estado fresco de densidade de massa, a argamassa estabilizada analisada foi classificada como D5, denominação para as argamassas com densidade entre 1800 e 2200 kg/m³. Conforme a classificação de Carasek (2007), as duas argamassas estudadas se caracterizaram como normais, apresentando boa trabalhabilidade para aplicação.

Os ensaios no estado endurecido das argamassas analisadas mostraram classificações distintas em algumas propriedades. Enquanto a densidade de massa e o coeficiente de capilaridade apresentaram a mesma classificação para ambas, os ensaios de tração na flexão e compressão axial mostraram resultados diferentes. De acordo com a norma brasileira, as duas argamassas analisadas são classificadas como M5 para densidade de massa (valores entre 1600 e 2000 kg/m³) e C1 para o coeficiente de capilaridade (classe para coeficientes menores que 1,5 g/dm².min^{1/2}).

A resistência à tração na flexão mostrou resultados bem diferentes entre as duas argamassas. Enquanto a argamassa “A” apresentou resultado abaixo de 1,0 MPa, sendo classificada como

R1, a argamassa “B” foi classificada como R3, com resistências entre 1,5 e 2,7 MPa, bem superiores a argamassa “A”. Esta diferença também foi presente na resistência à compressão axial: enquanto a argamassa “A” pertence à primeira classe, denominada P1 pela NBR 13281 (ABNT, 2005) para resistências inferiores a 2,0 MPa, a argamassa “B” apresentou resultados que a classificariam como pertencente a maior classe da norma, denominada P6 para resistências superiores a 8,0 MPa, porém o desvio dos resultados apresentaram muitos valores acima de 0,5 MPa, fazendo com que o ensaio tenha de ser refeito. A argamassa “A”, portanto, mostrou-se frágil e provavelmente não indicada para o uso em revestimentos, principalmente externos, enquanto a argamassa “B” se mostrou extremamente rígida, com resistência superior à maioria dos blocos cerâmicos de vedação presentes no mercado.

A retração das argamassas estabilizadas analisadas apresentou valores baixos, com um máximo de 1,4 mm/m. Devido aos resultados distintos, pode-se afirmar que a argamassa não sofreu influência em relação ao dia de moldagem, mantendo suas características para ambos os dias.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode citar como possíveis temas: a análise do tempo de cura das argamassas estabilizadas, principalmente em relação aos métodos de ensaios normalizados, assim como a avaliação da influência das fôrmas de ensaio e seus materiais no tempo de cura, como também a comparação da argamassa estabilizada com argamassas convencionais. Mantendo-se no mesmo tema deste trabalho, de caracterização de argamassas estabilizadas, trabalhos futuros podem ampliar o número de fornecedores e a amostragem das coletas, verificando se há variabilidade no material fornecido.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos Aditivos Incorporadores de Ar em Argamassas de Revestimento**. 2002. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concretos de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da Retenção de Água. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

_____. **NBR 13290**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de parede e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

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

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

BAÍÁ, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**. 4 ed. São Paulo: Nome da Rosa, 2008.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. 2001. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2001.

- BASTOS, P. K. X.; CINCOTTO, M. A. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas em argamassas mistas de revestimento.** In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2001, Brasília-DF. IV Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2001.
- BASTOS, P. K. X.; NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Comparação da retração de argamassas industrializadas e mistas de revestimento nos estados fresco e endurecido.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2005, Florianópolis. VI Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2005.
- BAUER, E.; OLIVEIRA, V. C. **Comportamentos e propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, São Paulo. XII Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2017.
- BAUER, E.; SALOMÃO, M.; FILHO, R. **Avaliação de argamassas industrializadas quanto à capilaridade e retração de acordo com os critérios da NBR 13281 e do método MERUC/CSTB.** In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015, Porto Alegre. XI Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2015.
- BAUER, E.; SOUZA, J. G. G. **Materiais Constituintes e suas Funções.** In: BAUER, E. (Ed) **Revestimentos de Argamassas: Características e Peculiaridades.** Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, 2005.
- CARASEK, H. **Argamassas.** In: ISAIA, G. C. (Org.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2007. v. 2.
- CASALI, J. M.; MANN NETO, A.; ANDRADE, D. A. ; ARRIAGADA, N. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2011, Minas Gerais. IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2011.
- CINCOTTO, M. A.; QUARCIONI, V. A.; JOHN, V. M. **Aglomerantes Aéreos: Cal e Gesso.** In: ISAIA, G. C. (Org.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2007. v. 1.
- DA SILVA, N. G. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica.** 2011. 329 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2011.
- DARÉ, M.; SOUZA, V. S. **Estudo Comparativo da produtividade de mão de obra entre os revestimentos internos de paredes com argamassas confeccionadas in loco e com argamassas estabilizadas.** 2014. 18 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.
- FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: Pini, 1994.
- GUERREIRO, M. R. F. **Utilização de aditivo estabilizador de hidratação (AEH) como proposta de reciclagem dos resíduos de concreto usinado.** 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica, Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, RS. 2007.

KEBHARD, J. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Avaliação do comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, São Paulo. XII Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2017.

MACIOSKI, G.; COSTA, M. M. C., CASALI, J. M. **Caracterização de argamassas estabilizadas submetidas à sucção de substrato poroso.** In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015, Porto Alegre. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015.

MACIOSKI, G.; KUSZKOWSKI, H.; COSTA, M. R. M. M.; CASALI, J. M. **Avaliação de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas.** In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013, Fortaleza. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013.

MASUERO, A. B. **Palestra: Argamassa Estabilizada.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, Porto Alegre. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017.

MATOS, P. R.; **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 2013. 74 f.. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PONTUAL ENGENHARIA. **Argamassas: argamassa estabilizada.** Disponível em <<http://pontualeng.com.br/argamassas/argamassa-estabilizada>> Acessado em 15 dez 2017.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa.** 2. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

SÁVIO, W.; BAUER, E.; SALLES, M. J. A. **Influência do aditivo retentor de água nas propriedades reológicas de argamassas de revestimentos.** In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2006, Florianópolis. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2006.

SCHMID, A. G. **Argamassa estabilizada – Uma importante ferramenta para melhorar a sustentabilidade na construção civil.** Seminário apresentado no 53º Congresso Brasileiro de Concreto – IBRACON, Florianópolis, 2011.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 1989.

TREVISOL JR, L. A.; PORTELLA, K. F.; BRAGANÇA, M. O. G. P. **Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada, dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e enurecido.** In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015, Porto Alegre. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015.

APÊNDICE A – Resultados individuais de resistência à tração na flexão e compressão axial aos 28 dias dos corpos-de-prova dos fornecedores A e B

MÉTODO DA NBR 13279		Força Máxima (N)	Resistência à tração na Flexão (Mpa)
Arg. A DIA 1	CP1*	952	2,23
	CP2	269	0,63
	CP3	328	0,77
	MÉDIA	298,5	0,70
Arg. A DIA 2	CP1	236	0,55
	CP2	355	0,83
	CP3	190	0,45
	MÉDIA	260,5	0,61

* Resultado retirado dos cálculos devido ao desvio absoluto ser maior que 0,3 Mpa

MÉTODO DA NBR 13279		Força Máxima (N)	Resistência à tração na Flexão (Mpa)
Arg. B DIA 1	CP1	998	2,34
	CP2	887	2,08
	CP3	775	1,82
	MÉDIA	880,2	2,06
Arg. B DIA 2	CP1	946	2,22
	CP2	933	2,19
	CP3*	1195	2,80
	MÉDIA	1025	2,40

* Resultado retirado dos cálculos devido ao desvio absoluto ser maior que 0,3 Mpa

	MÉTODO DA NBR 13279	Medida	Força Máxima (N)	Resistência à Compressão Axial (Mpa)
Arg. A - DIA 1	CP 1	1	2397	1,50
		2	2594	1,62
	CP 2	3	2089	1,31
		4	1609	1,01
	CP 3	5	2660	1,66
		6	2220	1,39
MÉDIA =			2262	1,41
Arg. A - DIA 2	CP 1	1	1688	1,06
		2	1668	1,04
	CP 2	3	1931	1,21
		4	2023	1,26
	CP 3	5	1780	1,11
		6	1695	1,06
MÉDIA =			1798	1,12

	MÉTODO DA NBR 13279	Medida	Força Máxima (N)	Resistência à Compressão Axial (Mpa)
Arg. B - DIA 1	CP 1	1*	12302	7,69
		2*	11876	7,42
	CP 2	3	14017	8,76
		4	13820	8,64
	CP 3	5*	14385	8,99
		6	13550	8,47
MÉDIA =			13320	8,33
Arg. B - DIA 2	CP 1	1	13472	8,42
		2*	9662	6,04
	CP 2	3*	6779	4,24
		4*	7797	4,87
	CP 3	5	13531	8,46
		6	12618	7,89
MÉDIA =			10640	6,65

* Resultados deveriam ser retirados do cálculo devido ao desvio absoluto ultrapassar 0,5 Mpa

APÊNDICE B – Resultados individuais do ensaio de retração dos corpos-de-prova dos fornecedores A e B, ao longo dos dias de ensaio

ARGAMASSA A - DIA 1			
CP 1		CP 2	
13/11/2017		13/11/2017	
REF:	0,027	REF:	0,027
m0	303,6	m0	300
L0	1,403	L0	1,437
20/11/2017		20/11/2017	
REF:	0,034	REF:	0,034
m7	303,3	m7	299,7
L7	1,18	L7	1,215
27/11/2017		27/11/2017	
REF:	0,041	REF:	0,041
m14	304,1	m14	300,2
L14	1,189	L14	1,22
04/12/2017		04/12/2017	
REF:	0,205	REF:	0,205
m21	304,1	m21	300,3
L21	1,227	L21	1,267
11/12/2017		11/12/2017	
REF:	0,061	REF:	0,061
m28	304,9	m28	301
L26	1,209	L26	1,241
Variação dimensional (mm/m)		Variação dimensional (mm/m)	
E7	-0,92	E7	-0,916
E14	-0,912	E14	-0,924
E21	-1,416	E21	-1,392
E28	-0,912	E28	-0,92
Variação de massa [%]		Variação de massa [%]	
Δm_7	-0,099	Δm_7	-0,100
Δm_{14}	0,165	Δm_{14}	0,067
Δm_{21}	0,165	Δm_{21}	0,100
Δm_{28}	0,428	Δm_{28}	0,333

ARGAMASSA A - DIA 2			
CP 1		CP 2	
14/11/2017		14/11/2017	
REF:	0,01	REF:	0,01
m0	302	m0	303,5
L0	2,234	L0	2,844
21/11/2017		21/11/2017	
REF:	0,027	REF:	0,027
m7	305	m7	306,5
L7	2,348	L7	2,957
28/11/2017		28/11/2017	
REF:	0,051	REF:	0,051
m14	305,3	m14	307
L14	2,23	L14	2,702
05/12/2017		05/12/2017	
REF:	0,173	REF:	0,173
m21	305,7	m21	307,3
L21	2,377	L21	2,849
12/12/2017		12/12/2017	
REF:	0,079	REF:	0,079
m28	306,4	m28	308,1
L26	2,296	L26	2,841
Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]	
E7	0,388	E7	0,384
E14	-0,180	E14	-0,732
E21	-0,080	E21	-0,632
E28	-0,028	E28	-0,288
Variação de massa [%]		Variação de massa [%]	
Δm_7	0,993	Δm_7	0,988
Δm_{14}	1,093	Δm_{14}	1,153
Δm_{21}	1,225	Δm_{21}	1,252
Δm_{28}	1,457	Δm_{28}	1,516

ARGAMASSA B - DIA 1							
CP 1		CP 2		CP 3		CP 4	
07/12/2017		07/12/2017		07/12/2017		07/12/2017	
REF:	0,085	REF:	0,085	REF:	0,085	REF:	0,085
m0	302,46	m0	304,71	m0	306,02	m0	301,18
L0	1,297	L0	0,563	L0	0,11	L0	0,428
14/12/2017		14/12/2017		14/12/2017		14/12/2017	
REF:	0,269	REF:	0,269	REF:	0,269	REF:	0,269
m7	304,80	m7	307,00	m7	308,50	m7	303,50
L7	1,396	L7	0,638	L7	0,221	L7	0,48
21/12/2017		21/12/2017		21/12/2017		21/12/2017	
REF:	0,386	REF:	0,386	REF:	0,386	REF:	0,386
m14	303,96	m14	306,16	m14	307,61	m14	302,75
L14	1,57	L14	0,803	L14	0,387	L14	0,656
28/12/2017		28/12/2017		28/12/2017		28/12/2017	
REF:	0,47	REF:	0,47	REF:	0,47	REF:	0,47
m21	304,14	m21	306,4	m21	307,85	m21	303,02
L21	1,636	L21	0,886	L21	0,462	L21	0,737
04/01/2018		04/01/2018		04/01/2018		04/01/2018	
REF:	0,511	REF:	0,511	REF:	0,511	REF:	0,511
m28	304,65	m28	306,76	m28	308,06	m28	303,42
L26	1,675	L26	0,918	L26	0,497	L26	0,767
Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]	
E7 [mm/m]	-0,34	E7 [mm/m]	-0,436	E7 [mm/m]	-0,292	E7 [mm/m]	-0,528
E14	-0,112	E14	-0,244	E14	-0,096	E14	-0,292
E21	-0,184	E21	-0,248	E21	-0,132	E21	-0,304
E28	-0,192	E28	-0,284	E28	-0,156	E28	-0,348
Variação de massa [%]		Variação de massa [%]		Variação de massa [%]		Variação de massa [%]	
Δm_7	0,774	Δm_7	0,752	Δm_7	0,810	Δm_7	0,770
Δm_{14}	0,496	Δm_{14}	0,476	Δm_{14}	0,520	Δm_{14}	0,521
Δm_{21}	0,555	Δm_{21}	0,555	Δm_{21}	0,598	Δm_{21}	0,611
Δm_{28}	0,724	Δm_{28}	0,673	Δm_{28}	0,667	Δm_{28}	0,744

ARGAMASSA B - DIA 2					
CP 1		CP 2		CP 3	
08/12/2017		08/12/2017		08/12/2017	
REF:	1,471	REF:	1,471	REF:	1,471
m0	313,2	m0	306,3	m0	322,1
L0	0,36	L0	2,324	L0	3,32
15/12/2017		15/12/2017		15/12/2017	
REF:	1,223	REF:	1,223	REF:	1,223
m7	313,6	m7	306,7	m7	322,2
L7	0,077	L7	2,007	L7	2,883
22/12/2017		22/12/2017		22/12/2017	
REF:	1,278	REF:	1,278	REF:	1,278
m14	312,88	m14	305,98	m14	321,52
L14	0,12	L14	2,051	L14	2,918
29/12/2017		29/12/2017		29/12/2017	
REF:	1,307	REF:	1,307	REF:	1,307
m21	313,24	m21	306,37	m21	321,96
L21	0,125	L21	2,053	L21	2,917
05/01/2018		05/01/2018		05/01/2018	
REF:	1,355	REF:	1,355	REF:	1,355
m28	313,46	m28	306,91	m28	322,2
L26	0,152	L26	1,974	L26	2,972
Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]	
E7	-0,140	E7	-0,276	E7	-0,756
E14	-0,188	E14	-0,320	E14	-0,836
E21	-0,284	E21	-0,428	E21	-0,956
E28	-0,368	E28	-0,936	E28	-0,928
Variação de massa [%]		Variação de massa [%]		Variação de massa [%]	
$\Delta m7$	0,128	$\Delta m7$	0,131	$\Delta m7$	0,031
$\Delta m14$	-0,102	$\Delta m14$	-0,104	$\Delta m14$	-0,180
$\Delta m21$	0,013	$\Delta m21$	0,023	$\Delta m21$	-0,043
$\Delta m28$	0,083	$\Delta m28$	0,199	$\Delta m28$	0,031

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

ARGAMASSA B - DIA 2					
CP 4		CP 5		CP 6	
08/12/2017		08/12/2017		08/12/2017	
REF:	1,471	REF:	1,471	REF:	1,471
m0	310,2	m0	301,3	m0	302,9
L0	0,643	L0	2,712	L0	1,397
15/12/2017		15/12/2017		15/12/2017	
REF:	1,223	REF:	1,223	REF:	1,223
m7	310,6	m7	302,3	m7	303,9
L7	1,07	L7	2,366	L7	1,021
22/12/2017		22/12/2017		22/12/2017	
REF:	1,278	REF:	1,278	REF:	1,278
m14	309,98	m14	301,52	m14	303,14
L14	0,403	L14	2,41	L14	1,066
29/12/2017		29/12/2017		29/12/2017	
REF:	1,307	REF:	1,307	REF:	1,307
m21	310,37	m21	301,78	m21	303,3
L21	0,398	L21	2,419	L21	1,056
05/01/2018		05/01/2018			
REF:	1,355	REF:	1,355	REF:	1,355
m28	310,25	m28	302,08	m28	303,45
L26	0,357	L26	2,379	L26	1,045
Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]		Variação dimensional [mm/m]	
E7	2,700	E7	-0,392	E7	-0,512
E14	-0,188	E14	-0,436	E14	-0,552
E21	-0,324	E21	-0,516	E21	-0,708
E28	-0,680	E28	-0,868	E28	-0,944
Variação de massa [%]		Variação de massa [%]		Variação de massa [%]	
Δm_7	0,129	Δm_7	0,332	Δm_7	0,330
Δm_{14}	-0,071	Δm_{14}	0,073	Δm_{14}	0,079
Δm_{21}	0,055	Δm_{21}	0,159	Δm_{21}	0,132
Δm_{28}	0,016	Δm_{28}	0,259	Δm_{28}	0,182