



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**BRUNO SÉRGIO DOS SANTOS ROMÃO e CARLOS AUGUSTO
MARZUCA FERNANDES**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA
ARGAMASSA ESTABILIZADA**

RECIFE, 2017

BRUNO SÉRGIO DOS SANTOS ROMÃO e CARLOS AUGUSTO MARZUCA
FERNANDES

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal de Pernambuco como parte dos
requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso 2.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de
Oliveira Andrade

RECIFE, 2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

R756a Romão, Bruno Sérgio dos Santos.

Análise da resistência à compressão da argamassa estabilizada/
Bruno Sérgio dos Santos Romão, Carlos Augusto Marzuca Fernandes
- 2017.

37folhas, Ils. e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2017.

Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Argamassa estabilizada. 3. Aditivo estabilizador
de hidratação. I. Fernandes, Carlos Augusto Marzuca. II. Andrade, Tibério
Wanderley Correia de Oliveira (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-118



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PARECER DA COMISSÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

*BRUNO SÉRGIO DOS SANTOS ROMÃO e CARLOS AUGUSTO MARZUCA
FERNANDES*

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Construção Civil

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera os candidatos BRUNO SÉRGIO DOS SANTOS ROMÃO e CARLOS AUGUSTO MARZUCA FERNANDES **APROVADOS COM NOTA** _____.

Data da defesa:

Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade (Orientador)

Prof. Pedro de Freitas Gois (membro)

Prof. Antônio Acácio de Melo Neto (membro)

RECIFE, 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, por estar sempre presente nos momentos bons e ruins, nos dando forças e saúde para seguirmos em frente em nossas jornadas.

Aos nossos pais, Sérgio José dos Santos, Sueli Romão dos Santos, Mário Augusto Maia Fernandes, Maria Madalena Marzuca Fernandes (*In memoriam*), Lúcia Maria Antero de Melo Fernandes por sempre nos apoiarem, ajudando a tornar este sonho em realidade.

Aos nossos irmãos e irmãs, por se fazerem tão presentes, motivando-nos a buscar tudo que almejamos.

Ao nosso Professor Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade, por quem temos muito respeito, por sua disposição, dedicação, empenho e orientação.

Aos funcionários da empresa Redimix em especial ao gerente João Carlos Marzuca, ao técnico de laboratório Wanildo Ferreira de Albuquerque e ao seu auxiliar José Raimundo Menezes dos Santos pelo apoio durante a produção do material para o ensaio e indicação de bibliografia e ao funcionário da empresa Tecomat, André Miranda por toda a assistência na realização dos ensaios.

A todos os professores e amigos do curso de Engenharia Civil da UFPE, por todos os ensinamentos e experiências passadas a nós, contribuindo assim para nossa formação e crescimento profissional.

RESUMO

A utilização de argamassa estabilizada tem aumentado no Brasil nos últimos anos, pois proporciona uma maior produtividade e racionalidade nas obras uma vez que a mão de obra não necessita aguardar o recebimento do material no início do dia de trabalho ou mesmo confeccionar a mistura na obra. Com a utilização de aditivos estabilizadores de hidratação, a argamassa comercializada se mantém trabalhável por até 72 horas. Contudo, pouco se sabe qual o desempenho deste material, ou mesmo como se dá o seu comportamento ao longo do período de trabalho. Assim, o objetivo deste estudo é verificar o comportamento de uma amostra de argamassa estabilizada, quanto à sua resistência à compressão ao longo de 72 horas.

Os resultados obtidos demonstram uma diferença significativa na resistência à tração na flexão e compressão entre as amostras num intervalo de tempo de três dias. Destaca-se, portanto, a necessidade de um controle mais rigoroso das argamassas estabilizadas, bem como o estabelecimento de limites mínimos de desempenho e métodos de ensaios específicos para este tipo de material.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Aditivo estabilizador de hidratação

ABSTRACT

The use of stabilized mortar has increased in Brazil in the last few years as it provides greater productivity and rationality. There is no need to wait for the material at the beginning of the workday or even fabricate the mixture. With the use of set controlling admixture, this mortar remains workable for up to 72 hours. However, the performance of this material is not known, or even how is its behavior during the workday. The objective of this study is to characterize a sample of stabilized mortar, evaluating its compression resistance during 72 hours. The results show a significant difference on stress on bending and compression resistance between samples in a span of time of three days. We can highlight the necessity of a tighter control for the stabilized mortar, as well as the establishment of minimum levels of performance and more specific tests for this kind of material.

Keywords: Ready mix mortar. Set controlling admixture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Argamassa estabilizada com película a de água.....	16
Figura 2 - Formas de Ruptura.	21
Figura 3 - Preparação da Betoneira.....	23
Figura 4 – Dosagem do aditivo	23
Figura 5 - Dosagem da água.....	24
Figura 6 - Mistura dos aditivos com a água	24
Figura 7 - Adição da água/aditivo na mistura cimento/agregado.	25
Figura 8 – Colocação da água/aditivo na mistura cimento/agregado	25
Figura 9 – Armazenamento da argamassa em sacos plásticos.....	26
Figura 10 - Preparação para ensaio de abatimento.....	28
Figura 11 - Verificação do espalhamento da amostra.	29
Figura 12 - Montagem do sistema para molde dos corpos de prova.....	30
Figura 13 - Corpos de prova desmoldados após 72 horas, ao lado de outros recém-enformados.	30
Figura 14 - Realização do ensaio de resistência à tração da argamassa.....	31
Figura 15 - Realização do ensaio de resistência à compressão da argamassa	31
Figura 16 – Verificação do abatimento da amostra de argamassa estabilizada	32
Figura 17 - Realização do ensaio de espalhamento.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das Argamasas	12
Tabela 2 - Classificação das Argamassas segundo as suas funções na construção.	13
Tabela 3 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas	13
Tabela 4 - Vantagens e desvantagens da argamassa estabilizada.	15
Tabela 5 - Propriedades no estado fresco.	20
Tabela 6 - Limites de resistência à tração	21
Tabela 7 - Relação entre a trabalhabilidade e a grandeza de abatimento.	27
Tabela 8 – Resultados do ensaio de tração na flexão.	33
Tabela 9 – Resultados do ensaio de compressão axial.	34
Tabela 10 - – Corpos de prova moldados no dia 24/01/2017	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa e motivação	11
1.2	Objetivos gerais e específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Argamassas	12
2.1.1	Classificação.....	12
2.1.2	Argamassas de assentamento	14
2.1.3	Argamassas de revestimento	14
2.1.4	Uso de argamassas estabilizadas	15
2.2	Aditivos.....	17
2.2.1	Aditivo estabilizador de hidratação (AEH)	18
2.2.2	Aditivo incorporador de ar (AI)	19
2.3	Propriedades das argamassas no estado fresco	20
2.4	Propriedades das argamassas no estado endurecido	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	Produção e transporte da argamassa estabilizada	22
3.2	Propriedades no estado fresco.....	26
3.2.1	Ensaio de abatimento (Slump Test)	26
3.2.2	Ensaio de espalhamento	28
3.3	Propriedades no estado endurecido.....	29
3.3.1	Resistência à tração na flexão e compressão.....	29
4	RESULTADOS	32
4.1	Resultado do ensaio de abatimento (Slump Test).....	32
4.2	Resultados do ensaio de espalhamento	33
4.3	Resultado da resistência a compressão e tração na flexão	33
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, ocorreram algumas mudanças na economia, o custo da mão de obra passou a ser maior que o custo do material, a qualidade do produto final passou a ser um fator mais importante no momento da venda de um imóvel. Por esses e muitos outros motivos, a construção civil precisou se adaptar.

Para tornar os canteiros de obra mais eficientes, melhorando o controle de custo e qualidade, aumentando a produtividade, as construtoras buscam um material mais específico assim como novas tecnologias.

Atentando para essa necessidade da construção civil em geral, foi proposto este Trabalho de Conclusão de Curso que visa analisar propriedades da argamassa estabilizada. Material composto pela mistura de materiais inertes com aglomerantes e água utilizada como revestimento e para assentamento de alvenarias ou revestimentos.

1.1 Justificativa e motivação

A imensa maioria das obras existentes no nosso país utiliza de alguma maneira argamassa em sua execução. Portanto é fundamental o estudo e desenvolvimento de novas técnicas e produtos que possibilitem melhores resultados técnicos e financeiros.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral é analisar o comportamento da argamassa estabilizada ao longo de um determinado período de tempo por meio de alguns ensaios, quando é mais vantajoso o uso de argamassa estabilizada em obras de construção civil.

Como objetivos específicos, pode-se listar:

- Analisar a importância dos aditivos na feitura da argamassa estabilizada;
- Determinar por quanto tempo ela pode manter sua trabalhabilidade;
- Determinar as propriedades da argamassa no estado endurecido: resistência à compressão, resistência à tração na flexão

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Argamassas

Neste tópico serão retratadas as principais classificações e características de alguns dos tipos de argamassas utilizadas nas obras atualmente. O entendimento da sua aplicação e de quais são as funções que a argamassa deve desempenhar é de extrema importância para analisar quais são as propriedades que influenciarão no seu desempenho final, uma vez que, as funções das argamassas estão associadas diretamente as suas finalidades ou aplicações.

2.1.1 Classificação

As argamassas podem ser classificadas, segundo Carasek (2010) de acordo com o seu tipo (Tabela 1) ou de acordo com a sua função (Tabela 2).

Tabela 1 - Classificação das Argamassas

Critério de Classificação	Tipo
Quanto a natureza do aglomerante	Argamassa Aérea
	Argamassa Hidráulica
Quanto ao tipo do aglomerante	Argamassa de Cal
	Argamassa de Cimento
	Argamassa de Cimento e Cal
	Argamassa de Gesso
	Argamassa de Cal e Gesso
Quanto ao número de aglomerantes	Argamassa simples
	Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	Argamassa Seca
	Argamassa plástica
	Argamassa fluída
Quanto à plasticidade da argamassa	Argamassa pobre ou magra
	Argamassa média ou cheia
	Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade da argamassa	Argamassa leve
	Argamassa normal
	Argamassa pesada

Fonte: Carasek (2010)

Tabela 2 - Classificação das Argamassas segundo as suas funções na construção.

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenarias)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) - alvenaria de vedação
Para revestimento 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 preparo

Fonte: Carasek (2010)

Neste trabalho será dado um enfoque nas argamassas de assentamento e de revestimento, pois essas são as principais utilizações da argamassa estabilizada com aditivos estabilizadores de hidratação. Sua aplicação é semelhante à argamassa de camada única apresentada na Tabela 2. Percebe-se que a tecnologia das argamassas vem avançando nos últimos anos, visto que, grande parte das normas brasileiras em vigor sobre o tema podem ser consideradas recentes em comparação com outras normas de materiais de construção. Atualmente a norma NBR 13281:2001 estabelece alguns limites e classificações para as argamassas, de acordo com a Tabela 3. As propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas e os métodos de ensaios serão abordados nos itens 3.2 e 3.3.

Tabela 3 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (Mpa)	I	$\geq 0,1$ e $\geq 4,0$	NBR13279
	II	$\geq 4,0$ e $\geq 8,0$	
	III	$> 8,0$	

Fonte: Adaptado de NBR 13281:2001

2.1.2 Argamassas de assentamento

A argamassa de assentamento de alvenaria é utilizada para a elevação de paredes e muros de tijolos ou blocos, também chamados de unidades de alvenaria. As principais funções das juntas de argamassa na alvenaria são: unir as unidades de alvenaria de forma a construir um elemento monolítico, contribuindo na resistência aos esforços laterais; distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos; selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede à penetração de água das chuvas; absorver as deformações naturais, como as de origem térmicas e as de retração por secagem, a que a alvenaria estiver sujeita. Para cumprir essas funções, algumas propriedades tornam-se essenciais. No caso das argamassas de assentamento, as principais propriedades almejadas são: trabalhabilidade, consistência e plasticidade adequadas ao processo de execução, além de uma elevada retenção de água; aderência; resistência mecânica; e capacidade de absorver deformações.

2.1.3 Argamassas de revestimento

Argamassa de revestimento é utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, entre outros.

O revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas:

1. Chapisco: camada de preparo de base, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.
2. Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada.
3. Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo.
4. Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa.

As principais funções de um revestimento de argamassa de parede são: proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação de intemperismo, no caso dos revestimentos externos; integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais; regularizar superfícies para

elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

Portanto, para satisfazer as funções citadas anteriormente, algumas propriedades tornam-se essenciais para essas argamassas, a saber: retração; aderência; permeabilidade à água; resistência mecânica, principalmente a superficial; capacidade de absorver deformações.

2.1.4 Uso de argamassas estabilizadas

As argamassas estabilizadas possuem a capacidade de se manter trabalháveis por longos períodos de tempo. Uma vez aplicada, seu comportamento é semelhante ao das argamassas convencionais. As argamassas são desenvolvidas em laboratório especializado, onde todas as matérias primas passam por um rígido controle de aceitação. Contudo, há relatos sobre a dificuldade de controle e estudo de algumas propriedades deste tipo de argamassa.

Na Tabela 4 são apresentadas vantagens e desvantagens do uso de argamassas estabilizadas com base em avaliações realizadas.

Tabela 4 - Vantagens e desvantagens da argamassa estabilizada.

Vantagem	Desvantagem
Aumenta o rendimento	Planejamento preciso de quantidade
Redução de perdas	
Limpeza da obra	Tempo para adquirir rigidez
Reduz misturas constrantes	Variação ao longo do tempo
Melhora a logística	Esmagamento do assentamento
Reduz a demanda de mão de obra	Tempo para desempenho

Fonte: Herman e Rocha (2013)

Estudos conduzidos em argamassas estabilizadas comprovaram que há variação nas propriedades quando a argamassa fica armazenada. Esta diferença começa com as propriedades no estado fresco já que foram observadas diferenças significativas na umidade, na densidade de massa e no teor de ar, conseqüentemente também alterando as propriedades da argamassa no estado endurecido.

Outros estudos avaliaram as propriedades das argamassas estabilizadas no estado fresco e no estado endurecido, além da influência da aplicação de uma película de água na argamassa de um dia para o outro. Os autores verificaram o aumento da massa específica e redução do teor de ar incorporado ao longo do tempo devido à perda de água e aumento do número de sólidos.

Fernandes (2011) realizou em estudo avaliando a variabilidade das propriedades da argamassa estabilizada no estado fresco e endurecido. O autor verificou uma variação das propriedades e do traço entre os lotes coletados e ressaltou a necessidade de um controle rigoroso da quantidade de água de amassamento.

Também já foram realizados estudos que avaliaram a ação dos aditivos estabilizadores de hidratação no que diz respeito ao tempo de início de pega. A partir dos resultados, conseguiu-se avaliar o tempo de início de pega deste tipo de material. A autora também verificou que a modificação da relação agregado/aglomerante não influenciou no tempo de início de pega de argamassas com mesma relação água/cimento e diferentes relações água/cimento, para mesma relação agregado/aglomerante, influenciaram em alguns casos no tempo de início de pega das argamassas. E como esperado, o tempo de início de pega aumentou com o acréscimo do teor de aditivo estabilizador.

Uma outra pesquisa, avaliou a influência da película de água que é aplicada no recipiente da argamassa no período de utilização, procedimento este indicado pelos fornecedores. A Figura 1 apresenta um recipiente contendo argamassa estabilizada coberta pela película de água.

Figura 1 - Argamassa estabilizada com película de água.



Fonte: Autores (2017)

Como apresentado na Figura 1, no segundo dia de uso, deve-se misturar esta película de água colocada sobre as argamassas com a argamassa estabilizada em repouso, possivelmente alterando sua composição. Contudo, notou-se que esta adição de água auxiliou na melhoria da

trabalhabilidade da argamassa nas idades avançadas e que apesar das reações de hidratação não ocorrerem, a argamassa perde muita água ao longo do tempo de uso e de armazenagem de um dia para o outro.

Vale ressaltar que grande parte das publicações desta argamassa trata a respeito das vantagens da argamassa estabilizada no processo de produtividade da obra, e são poucos os trabalhos que se aprofundam em aspectos técnicos de avaliação do material e de estudos de dosagem. Os fornecedores, por sua vez, não divulgam qualquer informação técnica sobre o produto, afirmando apenas que ele atende às normas vigentes.

2.2 Aditivos

Os aditivos são produtos que adicionados em pequena quantidade aos concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

Os tipos de aditivos normatizados no Brasil são:

- Tipo P - aditivo plastificante;
- Tipo R - aditivo retardador;
- Tipo A - aditivo acelerador;
- Tipo PR - aditivo plastificante retardador
- Tipo PA - aditivo plastificante acelerador;
- Tipo IAR - aditivo incorporador de ar;
- Tipo SP - aditivo superplastificante;
- Tipo SPR - aditivo superplastificante retardador;
- Tipo SPA - aditivo superplastificante acelerador.

A utilização dos aditivos deve atender aos requisitos de desempenho indicados pela NBR 11768:1992, a divergência entre resultados de um mesmo lote de aditivo não poderá ser superior aos limites apresentados na mesma norma.

Os ensaios realizados para caracterização de aditivos (ou para verificação da uniformidade de um lote), e que são descritos pela norma NBR 10908:2008, são: pH, teor de sólidos, massa específica, teor de cloretos e análise por infravermelho.

As argamassas estabilizadas possuem na sua composição aditivos químicos classificados como estabilizadores de hidratação e incorporadores de ar.

2.2.1 Aditivo estabilizador de hidratação (AEH)

O aditivo estabilizador de hidratação é o principal aditivo presente em argamassas estabilizadas. Sabe-se, de acordo com a NBR 11768:1992 que os aditivos retardadores podem atrasar o tempo de início de pega em no máximo 3 horas e meia. Portanto, os aditivos estabilizadores de hidratação não podem ser classificados como retardadores, uma vez que podem retardar o início de pega em até 72 horas.

Manter concretos e argamassas no estado fresco por um longo período de tempo tende a aumentar a retração plástica devido a maior duração da fase plástica. A retração plástica é a retração por perda de água da pasta, argamassa ou concreto no estado fresco, que ocorre antes da pega do cimento, quando a fração sólida da mistura dispõe de mobilidade, de umas partículas em relação às outras e como consequência da restrição aparecem tensões de tração na argamassa, que podem levar à fissuração do revestimento.

Segundo a NBR 10908:2008, os concretos e argamassas aditivados com retardadores não podem apresentar resistência a compressão de 3 dias em diante menor que 90% da resistência do concreto de referência sem a mesma adição. Contudo, para o aditivo estabilizador de hidratação, não existe nenhum estudo que comprove qual a influência do aditivo no ganho de resistência ao longo do tempo ou mesmo sua influência na resistência final de produtos cimentícios dosados com estabilizadores.

Inicialmente, o aditivo estabilizador de hidratação foi desenvolvido para enfrentar um dos graves problemas enfrentados pela indústria produtora de concreto, que é o impacto ambiental que a própria indústria causa incluindo a geração de grande quantidade de resíduo. O uso de Aditivo Estabilizador de Hidratação do cimento (AEH ou Hydration Control Admixtures) surgiu como uma alternativa aos métodos atuais de tratamento e disposição do concreto devolvido e reaproveitamento da água de lavagem dos caminhões betoneira.

Quimicamente falando, o aditivo estabilizador de hidratação (AEH) é um composto orgânico com alto efeito de retardo capaz de controlar a reação de hidratação do cimento de forma previsível através da inibição da formação dos hidratos. O componente estabilizador controla a taxa de hidratação do cimento, permitindo a estabilização do material no estado fresco, desde algumas horas ou até mesmo dias.

Várias complexidades surgem quando discute-se a eficácia de aditivos retardadores. Em primeiro lugar, o retardo é composto por dois efeitos - o aumento do período de indução e da variação da taxa de hidratação após o seu início.

Os aditivos retardadores atuam no controle da hidratação do clínquer, proporcionando moderada manutenção do abatimento e retardo de pega, afetando mais o desenvolvimento da resistência inicial do que o comportamento reológico do concreto fresco, ocasionando um atraso na pega do cimento, tornando mais lento o processo de endurecimento da pasta.

O aditivo estabilizador de hidratação atua apenas no aumento do tempo de início de pega e, quando esta inicia, a cinética de hidratação é similar entre as pastas com diferentes teores de AEH. Costuma-se também utilizar um aditivo para acelerar a hidratação do cimento – aditivo ativador – para impedir a continuidade da ação do aditivo inibidor, quando usado em concretos.

2.2.2 Aditivo incorporador de ar (AI)

O principal efeito do aditivo incorporador de ar é a melhoria da trabalhabilidade das misturas de concreto e argamassas. O aditivo torna as partículas de cimento hidrofóbicas, uma dosagem excessiva causa um retardamento excessivo na hidratação do cimento, além do incremento de ar reduzir a resistência à compressão.

A trabalhabilidade da argamassa é melhorada devido à um efeito de rolamento de esferas devido a esfericidade mantida pela tensão superficial. As bolhas agem como um agregado fino com baixo atrito e elasticidade considerável e faz com que a mistura aparente ter excesso de agregado miúdo fino. Por esta razão, durante a dosagem, deve-se reduzir a quantidade de areia. A mistura se torna mais coesiva devido a nova tensão superficial das bolhas agindo com a pasta de cimento. A grande quantidade de bolhas deformáveis facilitam o manuseio e consequentemente o acabamento da aplicação da argamassa e seu acabamento.

À medida que cresce o teor de ar, a massa específica relativa diminui. Mas o uso dos aditivos deve ser criterioso, um aumento excessivo no teor de ar pode prejudicar a resistência mecânica e aderência, por exemplo.

2.3 Propriedades das argamassas no estado fresco

As propriedades de argamassas de assentamento e revestimento são diversas no seu estado fresco. Na Tabela 5 são apresentadas as definições das principais propriedades estudadas em argamassas.

Tabela 5 - Propriedades no estado fresco.

Propriedade	Definição
Trabalhabilidade	É a propriedade que determina a facilidade com que o material pode ser misturado, transportado, aplicado, consolidado e acabado, em uma condição homogênea
Consistência	É a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação
Retenção de água e consistência	É a capacidade da argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobre e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluída apresentam maior tendência à exsudação
Densidade de Massa	Relação entre a massa e o volume do material
Adesão inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato

Fonte: Carasek (2010)

A boa aplicação do material está intimamente ligada às boas propriedades no estado fresco, garantindo, por sua vez, uma boa trabalhabilidade.

2.4 Propriedades das argamassas no estado endurecido

No seu estado endurecido, a argamassa também deve desempenhar requisitos de resistência mecânica e capacidade de se deformar. A propriedade fundamental neste estado é a aderência, sem a qual o revestimento de argamassa não entenderá a nenhuma de suas funções. A aderência é a propriedade que permite ao revestimento de argamassas absorver tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o substrato.

Essa propriedade possui critério de desempenho especificado conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Limites de resistência à tração

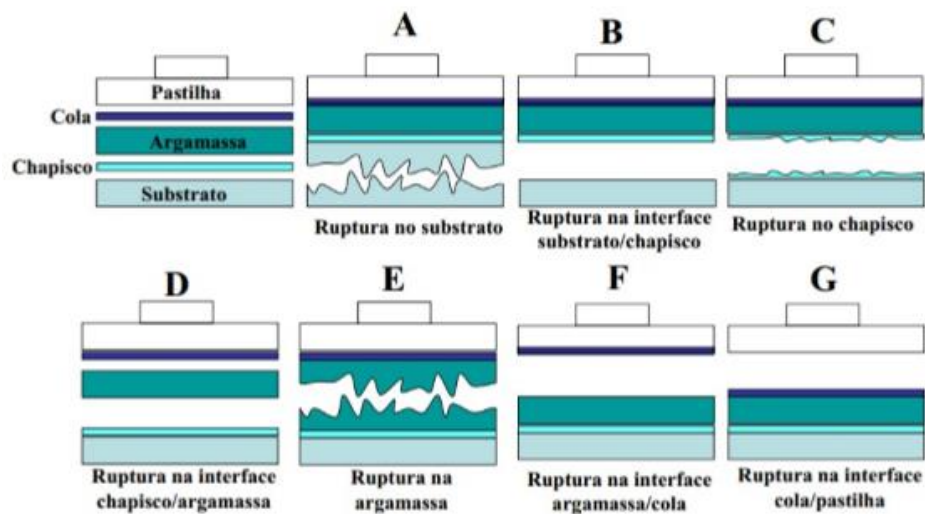
Local	Acabamento	Resistência mínima de aderência (Mpa)
Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,2$
	Cerâmica ou laminado	$\geq 0,3$
Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,2$
	Cerâmica ou laminado	$\geq 0,3$

Fonte: NBR 13749:1996

Segundo a NBR 15258:2005, a aderência é a propriedade da argamassa de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. A resistência de aderência à tração é a tensão máxima aplicada por uma carga perpendicular à superfície da argamassa aplicada no substrato.

As possíveis formas de ruptura são: ruptura no substrato, ruptura na interface substrato/argamassa, ruptura na argamassa e falha na colagem segundo a NBR 15258:2005. As formas de rupturas mais comuns são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Formas de Ruptura.



Fonte: Carasek (2010)

A resistência da argamassa é aumentada com a quantidade de cimento e é diminuída com a proporção de cal e o teor de ar incorporado. A proporção dos materiais constituintes da argamassa tem influência sobre a resistência mecânica. Através de ensaios de compressão realizados observa-se que pequenas adições de cal aumentam a resistência da argamassa à compressão e com volumes elevados há decréscimos na resistência. Essa propriedade é uma

das principais responsáveis pelo êxito das argamassas e, para tanto, devem apresentar módulo de deformação compatível com cada função.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados e os métodos de ensaios adotados para o estudo das argamassas estabilizadas.

Foi coletado um lote de argamassa estabilizada dosada em central da empresa Redimix que é utilizada por construtoras na região do Grande Recife. Os ensaios realizados no estado fresco foram feitos na Redimix e os ensaios realizados no estado endurecido foram feitos nos laboratórios da Tecomat.

O objetivo desta metodologia é poder simular em laboratório as variações que a argamassa vai sofrer ao longo do tempo, como acontece na obra – tempo de armazenagem.

Depois de moldados os primeiros corpos de prova prismáticos, a amostra de argamassa estabilizada permaneceu lacrada hermeticamente, impedindo, supostamente, alterações e perda de água da argamassa.

3.1 Produção e transporte da argamassa estabilizada

Na central da Redimix utiliza-se o seguinte traço para elaboração da argamassa estabilizada:

1: 7,265: 1,095

Ou seja, para cada quilograma de cimento, deve-se adicionar 7,265 kg de agregado e 1,095 litros de água.

Mas, além disso devemos dosar também os aditivos a serem utilizados. Para este traço deve-se colocar 6,5 mililitros de aditivo plastificante e incorporador de ar (AE-703) e também devemos colocar 9,25 mililitros de aditivo retardador e estabilizador de hidratação (R-704).

Figura 3 - Preparação da Betoneira



Fonte: Autores (2017)

Figura 4 – Dosagem do aditivo



Fonte: Autores (2017)

Figura 5 - Dosagem da água



Fonte: Autores (2017)

Figura 6 - Mistura dos aditivos com a água



Fonte: Autores (2017)

Figura 7 - Adição da água/aditivo na mistura cimento/agregado.



Fonte: Autores (2017)

Figura 8 – Colocação da água/aditivo na mistura cimento/agregado



Fonte: Autores (2017)

Logo depois da fabricação da argamassa, armazenamos a mesma em sacos plásticos para rapidamente transportarmos ao laboratório da empresa Tecomat.

Figura 9 – Armazenamento da argamassa em sacos plásticos



Fonte: Autores (2017)

3.2 Propriedades no estado fresco

Foram realizados alguns ensaios no estado fresco da amostra coletada de argamassa estabilizada, tais como: Ensaio de abatimento (Slump Test) e ensaio de espalhamento.

3.2.1 Ensaio de abatimento (Slump Test)

O Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone mede a consistência e a fluidez do material, possibilitando o controle da uniformidade do concreto. A principal função deste ensaio é fornecer uma metodologia simples e convincente para se controlar a uniformidade da produção do concreto em diferentes betonadas. Desde que, na dosagem, se tenha obtido um concreto trabalhável, a constância do abatimento indicará a uniformidade da trabalhabilidade.

Basicamente, o ensaio consiste no preenchimento de um tronco de cone em três camadas de igual altura, sendo em cada camada dados 25 golpes com uma haste padrão. O

valor do abatimento é a medida do adensamento do concreto logo após a retirada do molde cônico.

A noção de trabalhabilidade é muito mais subjetiva do que física, e o componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência, termo que, aplicado ao concreto, traduz propriedades intrínsecas da mistura fresca, relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes, tendo em vista a uniformidade e a compacidade do concreto, além do bom rendimento durante a execução da estrutura.

Misturas com consistência rijas têm abatimento zero, de modo que não se consegue nestes casos observar variações de trabalhabilidade. Já misturas ricas, como as comumente utilizadas nos concretos para a construção civil, podem ser aferidas satisfatoriamente com este ensaio. Neville (1997) indica correlações entre o ensaio de abatimento e trabalhabilidade, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Relação entre a trabalhabilidade e a grandeza de abatimento.

Trabalhabilidade	Abatimento
Abatimento zero	0
Muito baixa	5 a 10
Baixa	15 a 30
Média	45 a 75
Alta	80 a 155
Muito alta	160 ao desmoronamento

Fonte: NBR 13279:2005

Considerando-se as especificações dos concretos utilizados na construção civil, embora o ensaio apresente limitações, devido à facilidade de sua realização, torna-se muito útil para o controle da qualidade do concreto no estado fresco. No entanto, deve-se ter a garantia que o concreto foi dosado adequadamente e verificada a trabalhabilidade durante o seu preparo.

Figura 10 - Preparação para ensaio de abatimento



Fonte: Autores (2017)

3.2.2 Ensaio de espalhamento

No caso de concretos que apresentam maior fluidez, o ensaio de abatimento do tronco do cone é utilizado de forma modificada. Ao invés de medir a altura adensada do concreto, o valor medido é o espalhamento do mesmo. O procedimento adota os mesmos instrumentos do Slump Test, sendo o resultado do ensaio a medida de dois diâmetros perpendiculares.

Este ensaio é amplamente utilizado na caracterização dos concretos auto-adensáveis no estado fresco.

Figura 11 - Verificação do espalhamento da amostra.



Fonte: Autores (2017)

3.3 Propriedades no estado endurecido

No estado endurecido foi realizado o ensaio de resistência à tração na flexão e compressão, o qual será amplamente descrito no tópico a seguir.

3.3.1 Resistência à tração na flexão e compressão

Foram moldados corpos de prova prismáticos (40x40x160mm) com duas camadas e 30 quedas na mesa de adensamento de acordo com a NBR 13279:2005.

O molde prismático foi fixado na mesa de adensamento, que realizou as quedas como previsto em norma. O sistema montado pode ser observado na figura abaixo:

Figura 12 - Montagem do sistema para molde dos corpos de prova.



Fonte: Autores (2017)

As amostras foram desmoldadas após 72 horas, garantindo que a argamassa já possuísse uma resistência suficiente para ser manuseada. A cura dos corpos de prova foi seca ao ar.

Figura 13 - Corpos de prova desmoldados após 72 horas, ao lado de outros recém-enformados.



Fonte: Autores (2017)

Depois de 28 dias foram feitos rompimentos à flexão para verificação da resistência à tração da argamassa, e ensaios de resistência à compressão nas duas extremidades após o primeiro ensaio - Figura 14 e Figura 15 respectivamente. O ensaio de resistência à flexão foi

executado com um incremento força de (50 ± 10) N/s e os de resistência à compressão com incremento de (500 ± 50) N/s.

Figura 14 - Realização do ensaio de resistência à tração da argamassa.



Fonte: Autores (2017)

Figura 15 - Realização do ensaio de resistência à compressão da argamassa



Fonte: Autores (2017)

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos nos diferentes ensaios realizados na argamassa estabilizada coletada na central no seu estado fresco e endurecido. A partir dos ensaios realizados será possível avaliar a real resistência da argamassa, verificando se a mesma mantém suas características propriedades.

4.1 Resultado do ensaio de abatimento (Slump Test)

Figura 16 – Verificação do abatimento da amostra de argamassa estabilizada



Fonte: Autores (2017)

Fazendo o ensaio, pode-se verificar que o abatimento foi de 21 centímetros ou 210 milímetros. De acordo com a tabela 7, verifica-se o que já era esperado, a argamassa estabilizada apresenta altíssima trabalhabilidade.

4.2 Resultados do ensaio de espalhamento

Figura 17 - Realização do ensaio de espalhamento.



Fonte: Autores (2017)

Realizado o ensaio, vimos que o espalhamento da amostra foi de 42 centímetros ou 420 milímetros. Com esse resultado, podemos perceber que a argamassa estabilizada não cumpre os mesmos requisitos normativos que o concreto auto-adensável, por exemplo. De acordo com a norma NBR 15823-2:2010, para se caracterizar como um concreto auto-adensável o resultado do ensaio deveria variar entre 550 e 650 mm.

4.3 Resultado da resistência a compressão e tração na flexão

Tabela 8 – Resultados do ensaio de tração na flexão.

	Data do corpo de prova	Força Máxima (N)	Tensão (MPa)
CP1	24/01/2017	528,83	1,24
CP2	24/01/2017	463,57	1,09
CP3	24/01/2017	422,11	0,99
CP4	24/01/2017	526,78	1,23
CP5	24/01/2017	295,68	0,69
CP6	24/01/2017	268,27	0,63
CP7	27/01/2017	966,87	2,27
CP8	27/01/2017	1090,9	2,56
CP9	27/01/2017	1121,23	2,63
CP10	27/01/2017	1295,96	3,04
CP11	27/01/2017	1277,63	2,99
CP12	27/01/2017	1120,03	2,63

Fonte: Autores (2017)

Tabela 9 – Resultados do ensaio de compressão axial.

	Data do corpo de prova	Força Máxima (N)	Tensão (MPa)
CP1	24/01/2017	4823	3,0
CP2	24/01/2017	4792	3,0
CP3	24/01/2017	3567	2,2
CP4	24/01/2017	2029	1,3
CP5	24/01/2017	1541	1,0
CP6	24/01/2017	3266	2,0
CP7	24/01/2017	1793	1,1
CP8	24/01/2017	3384	2,1
CP9	24/01/2017	3244	2,0
CP10	24/01/2017	2785	1,7
CP11	24/01/2017	3840	2,4
CP12	24/01/2017	3510	2,2
CP13	27/01/2017	13125	8,2
CP14	27/01/2017	14138	8,8
CP15	27/01/2017	12717	7,9
CP16	27/01/2017	12671	7,9
CP17	27/01/2017	15171	9,5
CP18	27/01/2017	12049	7,5
CP19	27/01/2017	16143	10,1
CP20	27/01/2017	13376	8,4
CP21	27/01/2017	14064	8,8
CP22	27/01/2017	12457	7,8
CP23	27/01/2017	13650	8,5
CP24	27/01/2017	13867	8,7

Fonte: Autores (2017)

Analisando os resultados obtidos em ambos ensaios, podemos perceber uma significativa diferença entre as resistências dos corpos de prova no período de 72 horas.

Os corpos de prova moldados no dia 24/01/2017 possuem resistência, tanto na tração à flexão quanto na compressão axial, quase três vezes menor se comparados com os corpos de prova moldados no dia 27/01/2017.

Entretanto, devemos salientar que a desmoldagem dos corpos de prova do dia 24/01/2017 não foi feita da maneira adequada, o tempo que deve ser respeitado para desmoldagem foi obedecido ao máximo, esperamos aproximadamente 72 horas, mas mesmo assim, as superfícies de contato dos corpos de prova com as formas não ficaram com as condições ideais para realização dos ensaios.

Segue abaixo, um exemplo de como ficou um dos corpos de prova moldado no dia 24/01/2017.

Tabela 10 - – Corpos de prova moldados no dia 24/01/2017



Fonte: Autores (2017)

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos das propriedades tanto no estado fresco como endurecido, verificou-se uma influência tanto do tempo de utilização quanto do tempo de armazenagem.

Pôde-se perceber que a argamassa estabilizada manteve boa trabalhabilidade durante as 72 horas em que foi mantida armazenada devido à correta dosagem de aditivos feita na central.

Quanto à resistência à tração na flexão e compressão percebemos que houve uma diferença significativa nos resultados obtidos no intervalo de tempo estudado. Os corpos de prova moldados no dia 24/01/2017 apresentaram resistência quase três vezes menor do que os corpos de prova moldados no dia 27/01/2017.

Apesar de acreditarmos que há sim um incremento na resistência da argamassa estabilizada durante os dias de armazenamento, essa grande diferença se deu basicamente pelas falhas na hora da desmoldagem dos corpos de prova do dia 24/01/2017. Acredita-se que o técnico de laboratório não passou a quantidade recomendável de óleo na forma, visto que esperamos o tempo máximo recomendado na norma para efetuar o desmolde.

Destacamos também a necessidade de se estabelecer limites de desempenho para a avaliação deste tipo de argamassa, uma vez que as normas já existentes não contemplam esses limites e nem estabelecem um controle de qualidade para argamassas estabilizadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do Cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

CALÇADA, L. M. L.; PEREIRA L. Influência das características do molde e da superfície de contato nas propriedades de argamassas estabilizadas. Congresso Brasileiro de Concreto. 2012.

CARASEK, H. Argamassas Cap. 26. In: ISAIA, G.C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2010.

FERNANDES A. Avaliação da variabilidade das propriedades da argamassa estabilizada. 2011. Monografia (Tecnólogo em Construção de Edifícios). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Florianópolis.

HERMANN, A.; ROCHA, J. P. A. Pesquisa Da Viabilidade Da Utilização Da Argamassa Estabilizada Modificada Para Revestimento Sem A Necessidade De Aplicação Do Chapisco. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2010.

NEVILLE. A. M. Properties of Concrete. Trans-Atlantic Publications, Inc.; 5 edition, 2011.

BASF. Manual técnico, 2016