

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO CUNHA FRAGA

**PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PREVENÇÃO**

UBERLÂNDIA

2019.

LEONARDO CUNHA FRAGA

**PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PREVENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como avaliação do semestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

UBERLÂNDIA

2019.

# **PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PREVENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, 27 de junho de 2019.

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres, UFU/MG

---

Prof. Dr. Joaquim Mário Caleiro Acerbi, UFU/MG

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Raquel Naiara Fernandes Silva, UFU/MG

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho àqueles que sempre me apoiaram na minha formação profissional:

João Batista, Maria Simone, Gustavo, Vitória, amigos e familiares.

## **AGRADECIMENTOS**

No decorrer da realização deste trabalho tive o apoio e a assistência de várias pessoas às quais tenho muita gratidão, pois prestaram um papel de suma importância para que esse trabalho fosse concretizado. Algumas delas merecem um agradecimento especial, já que tiveram uma participação essencial ao longo da minha trajetória.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres, pelo apoio, pela paciência, pelo empenho dedicado e por ter confiado na minha potencialidade para a conclusão do trabalho.

Aos Técnicos do Laboratório de Materiais Wanderly e Cristiane, por terem me auxiliado na efetivação dos ensaios com paciência e aptidão.

Ao pedreiro Daniel, por me ajudar no preparo das argamassas e confecção do painel.

Aos meus familiares por me motivar e me manter focado na conclusão desse trabalho.

*“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso”*

(Albert Einstein)

## RESUMO

O setor da construção civil teve um grande crescimento nos últimos anos, havendo com isso o desenvolvimento de muitas tecnologias e novos produtos voltados para esta indústria. Na área de revestimento houve o surgimento de materiais aditivos que tem como principal vantagem a homogeneidade do traço e menor espaço ocupado no canteiro de obra, em relação a argamassa preparada em obra. O presente trabalho tem como objetivo comparar os tipos de argamassas de revestimento utilizados na cidade de Uberlândia/MG com uma argamassa que apresentou vários problemas em uma obra local. Para este fim foram avaliados 3 traços diferentes de argamassas de revestimento, dois traços comumente utilizados na região e um traço semelhante ao utilizado na obra em questão, através de ensaios físicos e visuais realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. Foram realizados os ensaios de resistência a compressão, resistência à tração na flexão, resistência potencial de aderência ao suporte, absorção de água e observação do desenvolvimento de fissurações. Para isso, foi executado um painel de bloco cerâmico, a fim de reproduzir exatamente as características da obra com as patologias ocorridas. O painel de bloco cerâmico recebeu, em uma face, a aplicação de chapisco manual e posteriormente aplicação das argamassas, na outra face, foi aplicada a argamassa diretamente no bloco cerâmico, conforme desenvolvido na obra que serve de parâmetro comparativo. Após os ensaios, foram analisados os resultados e chegou-se à conclusão que a melhor argamassa seria a utilizada na obra local, e que a falta de controle tecnológico e os erros de dosagem teriam sido a causa das patologias encontradas.

Palavras-chave: Argamassas de revestimento, construção civil, propriedade das argamassas, patologias.

## **ABSTRACT**

The civil construction sector has grown strongly in recent years, with the development of great technologies and new products aimed at this industry. The area of fixation was the advance of additive materials that has as main advantage the homogeneity of the trace and the smaller area occupied at the construction site, in relation to a mortar prepared on site. The objective of this work is to compare the types of mortar of the city of Uberlândia / MG with a mortar that presented several problems in a local work. For this, three different coating mortars were evaluated, two tracings were explored in the region and a similar trait was found in the work carried out through physical and visual tests carried out at the Construction Materials Laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the Federal University of Uberlândia. Resistance strength tests, flexural strength, potential resistance to support, water absorption and observation of the development of fissures were performed. For this, it was a ceramic block panel, a film exactly like the characteristics of the work with pathologies occurred. The ceramic block panel received on one side a chapter application manual and a subsequent application of mortars, another face was applied a mortar directly in the ceramic block, as developed in the work that serves as a comparative parameter. After the trials, the results were completed and, in the final analysis, the conclusion is better than the local work, and that lack of technological control and control errors are a cause of the pathologies encountered.

Keywords: Coating mortars, civil construction, property of mortars, pathologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fissuras na argamassa de revestimento.....	19
Figura 2 - Alto índice de absorção de água após períodos de chuva. ....	20
Figura 3 - Substrato sem chapisco e com deslocamento da argamassa de revestimento.....	20
Figura 4 - Camadas de revestimento.....	34
Figura 5 - Aditivo utilizado no lugar da cal hidratada .....	37
Figura 6 - Bloco cerâmico utilizado para montagem do painel.....	40
Figura 7 - Face A do painel com chapisco .....	40
Figura 8 - Face B sem chapisco.....	41
Figura 9 - Recomendações do fabricante do aditivo.....	41
Figura 10 - Fluxograma com as etapas dos ensaios realizados.....	42
Figura 11 - Ensaio de resistência à compressão.....	44
Figura 12 - Ensaio de resistência à tração na flexão .....	44
Figura 13 - Espessura do reboco aplicado no substrato .....	45
Figura 14 - Massa epóxi utilizada para a fixação das pastilhas metálicas.....	46
Figura 15 - Furos realizados pela serra copo .....	46

Figura 16 - Pastilhas metálicas fixadas no painel.....	47
Figura 17 - Aparelho utilizado para aplicar carga de tração.....	47
Figura 18 - Tipos de ruptura em substrato sem chapisco .....	48
Figura 19 - Tipos de ruptura em substrato com chapisco.....	48
Figura 20 - Cachimbo graduado em 0,1ml e massa de calafetar .....	49
Figura 21 - Fixação dos cachimbos em cada painel de argamassa.....	50
Figura 22 - Ensaio de absorção sendo realizado.....	50
Figura 23 - Face A (com chapisco) após aplicação do reboco .....	52
Figura 24 - Face B (sem chapisco) após aplicação do reboco .....	52
Figura 25 - Fissuras no painel de argamassa aos 28 dias .....	63
Figura 26 - Ampliação de fissura no painel de argamassa .....	63
Figura 27 - Ampliação de fissura no painel de argamassa .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das argamassas .....	22
Tabela 2 - Classificação das argamassas quanto suas funções.....	23
Tabela 3 - Relação entre as propriedades e a granulometria dos agregados.....	25
Tabela 4 - Principais tipos de cimento utilizados no Brasil.....	26
Tabela 5 - Principais tipos de aditivos utilizados nas argamassas .....	28
Tabela 6 - Quantitativos de massa para cada componente da argamassa .....	38
Tabela 7 - Ensaio realizados e normas correspondentes.....	43
Tabela 8 - Resultado do ensaio de resistência a tração por flexão .....	53
Tabela 9 - Desvio padrão das resistências por idade .....	54
Tabela 10 - Classificação quanto a resistência a tração na flexão.....	55
Tabela 11 - Resultado do ensaio de resistência a compressão.....	55
Tabela 12 - Desvio padrão das resistências por idade .....	56
Tabela 13 - Classificação quanto a resistência à compressão.....	57
Tabela 14 - Classificação quanto a tensão Ra.....	57
Tabela 15 - Resultados dos ensaios de aderência.....	58

Tabela 16 - Resultados do ensaio de permeabilidade ..... 60

Tabela 17 - Quantidade de fissuras de acordo com a idade da argamassa ..... 62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AOP - Argamassa da obra com patologias

AP1 - Argamassa padrão 1

AP2 - Argamassa padrão 2

cm - centímetros

g/cm<sup>2</sup> - gramas por centímetro quadrado

Kg/m<sup>3</sup> - quilograma por metro cúbico

min - minutos

Kg - quilograma

ml - mililitros

cm<sup>3</sup> - centímetros cúbicos

mm - milímetros

MPa - Mega Pascal

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	Objetivo Geral .....	17
1.2	Objetivos específicos .....	17
1.3	Justificativa .....	18
1.4	Limitações .....	18
1.5	Patologias encontradas na obra .....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
2.1	Sistema de revestimento de argamassa.....	21
2.2	Classificação das argamassas.....	21
2.3	Composição .....	24
2.4	Agregados.....	24
2.5	Aglomerantes.....	25
2.5.1	Cimento.....	25
2.5.2	Cal.....	26
2.5.3	Cal hidratada.....	27
2.5.4	Cal hidráulica.....	27
2.5.5	Água.....	27
2.5.6	Aditivos.....	27
2.6	Funções .....	28
2.7	Propriedades .....	29
2.7.1	Estado Fresco.....	29
2.7.2	Estado Endurecido.....	31
2.8	Camadas .....	33
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1	Materiais .....	36
3.1.1	Argamassa da obra com problemas .....	36
3.1.2	Argamassas padronizadas .....	37
3.1.3	Cimento.....	38

3.1.4	Cal.....	38
3.1.5	Areia.....	39
3.1.6	Água.....	39
3.1.7	Chapisco.....	39
3.1.8	Bases de aplicação em bloco cerâmico.....	39
3.1.9	Aditivo plastificante - Vedalit.....	41
<b>3.2</b>	<b>Métodos.....</b>	<b>42</b>
3.2.1	Resistência à compressão e resistência à tração na flexão.....	43
3.2.2	Resistência potencial de aderência à tração .....	45
3.2.3	Absorção de água pelo Método do Cachimbo .....	49
3.2.4	Contagem das fissuras visíveis.....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1</b>	<b>Resistência à tração na flexão e resistência à compressão.....</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>Resistência potencial de aderência à tração .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3</b>	<b>Absorção de água pelo Método do Cachimbo.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>Contagem das fissuras visíveis.....</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>69</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A construção civil teve um grande crescimento nos últimos anos, havendo com isso o desenvolvimento de muitas tecnologias e novos produtos voltados para esta área. Um dos segmentos da construção em que há essa concorrência entre técnicas e materiais utilizados há mais tempo é no segmento de revestimentos de argamassa.

Existem atualmente na construção civil setores responsáveis pela manutenção após a obra. Com base nesse fato, nota-se uma grande quantidade de intercorrências relacionadas a argamassa de revestimento, sejam elas pela má execução do serviço ou pela utilização inadequada de materiais. O mais antigo método de preparo da argamassa é o produzido em obra, onde utiliza-se normalmente uma mistura de água, cimento, cal hidratada, agregado e podendo ou não ter aditivos. É comum a substituição da cal hidratada por cal líquida, que por sua vez se trata de um aditivo, como é o caso do reboco da obra a ser estudada. Essa substituição está ligada a inúmeras patologias de revestimento de argamassa, uma vez que o preparo em larga escala dessa, não é acompanhado de um controle de dosagem ou tecnológico.

Segundo Neto et al. (2010) a produção de argamassa em obra representa 95% do total de argamassa consumida no país. Esse fato, ligado à falta de controle tecnológico no canteiro de obra, aponta o porquê de muitas vezes o número de patologias ligado ao revestimento de argamassa ser relativamente alto.

A fim de propor uma medida preventiva para a construção civil, torna-se válido o comparativo entre a argamassa que apresentou anomalias na obra de referência e as argamassas utilizadas na região.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo da pesquisa é comparar as propriedades mecânicas no estado endurecido, para os três traços de argamassa de revestimento:

- Argamassa utilizada por uma construtora específica, em Uberlândia, num condomínio residencial;
- Argamassa utilizada na região com um teor mínimo de agregados;
- Argamassa utilizada na região com um teor máximo de agregados.

## **1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- I. Comparar os três principais traços de argamassa de revestimento interno utilizados na região, mais precisamente na cidade de Uberlândia, em relação a suas propriedades mecânicas no estado endurecido;
- II. Comparar os revestimentos no estado endurecido utilizando como referência os valores dos ensaios de resistência à compressão, resistência à tração na flexão, resistência potencial de aderência à tração, absorção de água e observação visual de trincas;
- III. Verificar se as argamassas atendem os valores mínimos estipulados por norma, para os ensaios que possuem valores definidos e possíveis causas de baixo desempenho;
- IV. Propor medidas preventivas para evitar patologias no revestimento de argamassa.

São feitos ensaios para comparar as argamassas, utilizando dois substratos diferentes para cada tipo, um com chapisco e outro sem chapisco (procedimento usado pela construtora); ambos em alvenaria de blocos cerâmicos. Com a obtenção dos resultados e suas devidas avaliações, medidas preventivas são propostas, a fim de evitar as patologias encontradas na argamassa utilizada pela construtora.

### **1.3 Justificativa**

A escolha do tema do trabalho ocorreu devido à alta incidência de patologias na argamassa de revestimento interno num condomínio residencial na cidade de Uberlândia/MG. O comparativo entre os três tipos de argamassa se torna importante para que se possa analisar qual delas possui melhores propriedades e conseqüentemente um melhor desempenho nas edificações.

Outro fator importante é a análise da utilização de novos materiais no preparo das argamassas. Esse estudo irá permitir avaliar se o método de preparo da mescla de argamassa, fornecido pelo fabricante, não resulta em um desempenho abaixo do esperado ou se a maneira de preparo foi realizada sem controle de dosagem, quer na qualidade, quer na quantidade dos componentes.

Outro aspecto interessante da pesquisa é a avaliação de duas dosagens, quantitativamente diferentes, de argamassas produzidas pelo mesmo processo de fabricação e pelos mesmos materiais, onde poderão ser observadas as diferenças que a dosagem pode trazer para as propriedades das argamassas.

### **1.4 Limitações**

O estudo realizado neste trabalho apresenta algumas limitações; entre elas está o fato de não se conseguir obter informações fidedignas sobre a dosagem da argamassa empregada nos revestimentos do condomínio de comparação e se realmente utilizaram o traço relatado por funcionários da empresa. Além disso, optou-se por realizar os ensaios de resistência de aderência à tração somente em alvenaria de bloco cerâmico, tendo em vista a necessidade de reproduzir o mesmo sistema construtivo e a busca por um cenário patológico similar ao encontrado nas construções do condomínio de comparação.

## 1.5 Patologias encontradas na obra

Em visita a obra em questão, foi relatado vários problemas na argamassa de revestimento, como:

- Fendilhações;
- Alto índice de absorção de água;
- Deslocamento do substrato;
- Baixa resistência quanto à aderência.

As Figuras 1, 2, e 3 ilustram as patologias acima citadas.

**Figura 1** – Fissuras na argamassa de revestimento.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 2** – Alto índice de absorção de água após períodos de chuva.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 3** – Substrato sem chapisco e com deslocamento da argamassa de revestimento.



Fonte: Autor (2019).

Além disso, a argamassa chegava à obra por meio de uma pré-mistura de cimento e areia fina, que, teoricamente, deveria ser a proporção de 1:4 (cimento:areia fina).

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será caracterizado o sistema de revestimento de argamassa, descrevendo as formas de preparo, materiais constituintes e propriedades desejadas no estado endurecido.

### **2.1 Sistema de revestimento de argamassa**

O revestimento de argamassa faz parte do sistema de vedação das edificações, portanto deve apresentar propriedades que contribuam para o adequado comportamento da vedação e; consequentemente, das edificações como um todo (BAIA E SABBATINI, 2008).

O sistema de revestimento é definido pela ABNT NBR 13529:2013, como sendo um conjunto formado pela argamassa de revestimento e acabamento decorativo, obedecendo ao que está descrito em projeto e levando em conta fatores como base de aplicação, fatores de exposição, acabamento e desempenho final. O revestimento de argamassa é definido como o cobrimento da superfície com as camadas definidas em projeto, visando a aplicação de acabamento decorativo ou ser utilizada como acabamento final.

Segundo Manual do Revestimento da ABCP (2002), argamassa de revestimento é uma mistura homogênea de aglomerantes (cal e cimento), agregados (areia), água. Para melhorar ou conferir propriedades à argamassa podem ser utilizados aditivos.

### **2.2 Classificação das argamassas**

Segundo Carasek (2007), há vários critérios que podem ser utilizados para a classificação das argamassas, como pode ser visto na Tabela 1 apresentado a seguir.

**Tabela 1 - Classificação das argamassas.**

<b>Critério de classificação</b>	<b>Tipo</b>
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa aérea</li> <li>• Argamassa hidráulica</li> </ul>
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa de cal</li> <li>• Argamassa de cimento</li> <li>• Argamassa de cimento e cal</li> <li>• Argamassa de gesso</li> <li>• Argamassa de cal e gesso</li> </ul>
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa simples</li> <li>• Argamassa mista</li> </ul>
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa seca</li> <li>• Argamassa plástica</li> <li>• Argamassa fluida</li> </ul>
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa pobre ou magra</li> <li>• Argamassa média ou cheia</li> <li>• Argamassa rica ou gorda</li> </ul>
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa leve</li> <li>• Argamassa normal</li> <li>• Argamassa pesada</li> </ul>
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa preparada em obra</li> <li>• Argamassa industrializada</li> <li>• Argamassa dosada em central</li> <li>• Mistura semipronta para argamassa</li> </ul>

Fonte: Carasek (2007).

O autor ainda classifica as argamassas em cinco funções tais como: construção de alvenaria, revestimento, contra piso, argamassas para cerâmica e argamassas para reparos em estruturas. A Tabela 2, apresentada a seguir, mostra os tipos de argamassa para cada função.

**Tabela 2** - Classificação das argamassas quanto suas funções.

<b>Função</b>	<b>Tipos</b>
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento Argamassa de fixação da 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 piso	Argamassa de contra piso Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	Argamassa de assentamento de peças de cerâmica-colante Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: Carasek (2007).

O presente trabalho tem como um dos objetivos caracterizar os sistemas de revestimento de argamassa produzida em obra, por isso, a seguir está a definição dessa.

- Argamassa produzida em obra

As argamassas produzidas em obra são as mais tradicionais no Brasil. Este tipo de argamassa é elaborado a partir de uma dosagem definida de acordo com os materiais empregados. As argamassas produzidas em obra normalmente são compostas de materiais aglomerantes, agregados e água, podendo ou não ter a incorporação de aditivos. O grande problema deste tipo de argamassa é a dosagem, que muitas vezes é feita de forma inadequada afetando as propriedades exigidas às mesmas (RECENA, 2008).

Regattieri e Silva (2003), afirmam que as argamassas produzidas em obra envolvem um número maior de processos para sua fabricação, com isso necessitam de maior espaço de

armazenamento para os materiais, maior demanda de transporte de materiais dentro do canteiro de obras e; conseqüentemente, uma maior utilização de mão de obra.

### **2.3 Composição**

As principais características e propriedades das argamassas deve-se principalmente a dosagem e ao tipo de material empregado em sua produção. Desta maneira é de fundamental importância conhecer a função de cada material que constitui as argamassas (MATOS, 2013).

A ABNT NBR 13529:2013 define argamassa como sendo um material formado basicamente por até cinco elementos básicos sendo eles: aglomerantes, agregados, adições, água e aditivos.

### **2.4 Agregados**

O agregado é definido por Bauer (2005), como sendo o esqueleto das argamassas de revestimento. Segundo o autor os agregados têm influência direta nas seguintes propriedades das argamassas: retração, módulo de deformação, resistência mecânica entre outras.

Dubaj (2000), afirma que as principais funções dos agregados nas argamassas são: o preenchimento completo dos vazios, o que resulta em menor consumo de aglomerantes; aumentar a resistência a compressão da pasta, e contribuir para a diminuição da retração das argamassas.

Uma das propriedades mais importantes a ser observada nos agregados é a granulometria. Segundo Manual de Revestimento da ABCP (2002), a granulometria dos agregados influencia diretamente na relação água/cimento da mistura. Por este motivo quanto mais continua a curva granulométrica do material melhor para a argamassa. A Tabela 3, apresentada abaixo, mostra as propriedades das argamassas e a relação com a granulometria dos agregados.

**Tabela 3** - Relação entre as propriedades e a granulometria dos agregados.

<b>Propriedade</b>	<b>Quanto mais fino</b>	<b>Quanto mais descontinua for a granulometria</b>	<b>Quanto maior o teor de grãos angulosos</b>
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	-	Melhor
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	-
Porosidade	-	Aumenta	-
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	-	Pior	-
Impermeabilidade	Pior	Pior	-

Fonte: Manual do revestimento ABCP (2002).

## **2.5 Aglomerantes**

Os aglomerantes são utilizados para fazer a ligação entre os grãos dos agregados nas argamassas. Os dois tipos de aglomerantes mais utilizados são cimento e cal, e são importantes por sua composição química, finura e capacidade de solidificar, além de conferir a argamassas propriedades como aderência e resistência (DUBAJ, 2000).

### **2.5.1 Cimento**

O cimento é utilizado nas argamassas por sua capacidade de endurecimento, por ser um aglomerante hidráulico ele endurece em contato com a água. Além disso confere resistência e aderência a argamassas (DUBAJ, 2000).

Segundo Dubaj (2000), a composição química do cimento é a maior responsável por seu comportamento, mas a finura do material também é importante. Quanto maior a finura do cimento maior sua capacidade aglutinante e com isso há um aumento de sua resistência, além de ajudar em uma melhor retenção de água. O cimento ideal para argamassas deve apresentar pega e ganho de resistência gradativo para não sofrer fissuras devido a secagem e a retração hidráulica.

Os tipos de cimento, Tabela 4, utilizados no Brasil foram listados pelo Manual de Revestimento da ABCP (2002), juntamente com as normas referentes a cada um.

**Tabela 4** - Principais tipos de cimento utilizados no Brasil.

<b>Denominação</b>	<b>Sigla</b>	<b>Norma</b>
Portland comum	CP I	NBR- 5732
Portland composto com escória	CP II-E	NBR-11578
Portland composto com pozolana	CP II-Z	NBR-11578
Portland composto com filler	CP II-F	NBR-11578
Portland de alto forno	CP III	NBR-5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR-5736
Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI	NBR-5733

Fonte: Manual do revestimento ABCP (2002).

### 2.5.2 Cal

A cal é um aglomerante aéreo que tem seu endurecimento devido a secagem e a reação com o anidrido carbônico (recarbonatação) presente na atmosfera. A cal é empregada em argamassas, pois confere às mesmas a capacidade de absorver deformações além de garantir a estanqueidade do revestimento (DUBAJ, 2000).

O Manual de Revestimento da ABCP (2002), traz características de dois tipos de argamassa, uma somente com cal e outra mista, com cal e cimento. Na argamassa que possui apenas cal, ele funciona como aglomerante da mistura conferindo boa trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações a argamassa. Neste caso a aderência e a resistência mecânica são reduzidas. Já na argamassa mista a cal ajuda na retenção de água da argamassa, além de contribuir para a hidratação do cimento, trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações.

### 2.5.3 Cal hidratada

Segundo a ABNT NBR 11172:1990 a cal hidratada é um pó seco, obtida pela hidratação adequada de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

### 2.5.4 Cal hidráulica

Segundo a ABNT NBR 11172:1990 a cal hidráulica é um pó seco, obtida pela calcinação a uma temperatura próxima à da fusão do calcário com impurezas sílicoaluminosas, formando silicatos, aluminatos e ferritas de cálcio, que lhe conferem um certo grau de hidraulicidade.

### 2.5.5 Água

A água é o componente da argamassa que proporciona a reação entre os materiais. Embora seja utilizada para regular a consistência da mistura para se obter uma melhor trabalhabilidade, sua adição deve ser controlada e respeitar o teor pré-estabelecido no projeto, pois grande quantidade de água está ligada a diminuição de resistência da argamassa.

### 2.5.6 Aditivos

De acordo com a ABNT NBR 13529:2013, os aditivos são especificados como produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido.

O Manual do Revestimento da ABCP (2002) apresenta os tipos de aditivos e suas funções principais como pode ser visto na Tabela 5 a seguir.

**Tabela 5** - Principais tipos de aditivos utilizados nas argamassas.

<b>Tipos de aditivos</b>	
Redutores de água (plastificante)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
Incorporador de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores de aderência	Proporcionam aderência química ao substrato.
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

Fonte: Manual do revestimento ABCP (2002).

Segundo Carasek e Campagnollo (1990, *apud* DUBAJ 2000), alguns aditivos não empregam boa trabalhabilidade as argamassas no estado fresco, além de causarem problemas de aderência delas no estado endurecido. Complementando essa ideia dos autores, a grande incidência de falta de aderência da argamassa de revestimento da obra estudada, pode estar ligada a utilização equivocada de aditivo plastificante.

## **2.6 Funções**

A escolha da argamassa deve levar em consideração as funções que o revestimento deve exercer. As principais funções das argamassas de revestimento são: proteger e regularizar os locais de aplicação sendo estruturas de alvenaria ou concreto, absorver as deformações sofridas pela estrutura, proporcionar um bom acabamento à base de aplicação, proteger o substrato da ação da água.

As funções das argamassas podem ser comprometidas se não houver a execução correta da estrutura. Segundo Baia e Sabbatini (2008), não é função do revestimento fazer a correção de imperfeições da base desaprumada ou desalinhada.

## **2.7 Propriedades**

De acordo com Baia e Sabbatini (2008), para que as argamassas cumpram suas funções adequadamente, é preciso que elas apresentem propriedades específicas tanto no estado fresco quanto no endurecido. A análise destas propriedades e de como são influenciadas, pode ajudar a avaliar o comportamento das argamassas em diferentes circunstâncias.

Segundo Manual do Revestimento da ABCP (2002), as propriedades das argamassas devem ser compatíveis com a forma de aplicação, a natureza do substrato, as condições climáticas do local, assim como ser compatível com o sistema de acabamento proposto.

### **2.7.1 Estado Fresco**

O estado fresco das argamassas é o período entre sua produção e a sua aplicação no substrato. As propriedades no estado fresco interferem diretamente no resultado do revestimento, caso detectado algum problema nas propriedades do estado fresco é possível alterar a dosagem da argamassa, por exemplo, evitando problemas futuros.

#### **2.7.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado**

Ao aumentar o teor de ar de uma argamassa conseqüentemente a massa específica dela diminui, o que pode ser bom até certo ponto, depois este aumento pode causar perda de resistência mecânica e aderência da argamassa.

Segundo Carasek (2007), a massa específica e o teor de ar incorporado são responsáveis por melhorar a trabalhabilidade das argamassas, ou seja, quanto maior o teor de ar incorporado menor a massa específica da argamassa. Com a massa específica menor é mais fácil de se trabalhar com a argamassa pois reduz o esforço do operário, e em grandes espaços de tempo gera mais produtividade.

### 2.7.1.2 Trabalhabilidade

De acordo com Carasek (2007), a trabalhabilidade garante tanto uma boa execução do revestimento quanto um bom desempenho dele. Ainda segundo a autora a trabalhabilidade deve ser ajustada ao modo que a argamassa será aplicada. Este ajuste é de grande importância já que algumas propriedades no estado endurecido dependem da aplicação da argamassa com boa trabalhabilidade no estado fresco, uma destas propriedades é a aderência.

### 2.7.1.3 Retenção de água

A retenção de água é a propriedade das argamassas de conter a perda de água para a superfície de aplicação e para o ambiente. Uma argamassa com boa retenção de água retarda o endurecimento dela, o que é de suma importância em questões de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica entre outros. Os principais fatores que influenciam na retenção de água são os tipos de materiais utilizados e a dosagem de cada um deles. Esta propriedade pode ser melhorada com a adição de cal ou de outros aditivos (BAIA E SABBATINI, 2008).

### 2.7.1.4 Aderência inicial

Segundo Baia e Sabbatini (2008), a aderência inicial da argamassa é a capacidade que ela possui de se grudar ao substrato de aplicação. Esta união é feita quando a pasta de cimento ou aglomerante da argamassa entra nos poros, reentrâncias e saliências do substrato e então ocorre o endurecimento dela.

Ainda segundo os autores, a aderência inicial depende das demais propriedades das argamassas no estado fresco, além de características da base de aplicação tais como: a porosidade, as condições de limpeza, rugosidade e umidade.

### 2.7.1.5 Retração na secagem

De acordo com Carasek (2007), é um processo que está ligado a variação de volume da pasta das argamassas. A retração na secagem tem papel importante tanto na estanqueidade quanto na durabilidade das argamassas.

Baia e Sabbatini (2008) complementam a ideia de Carasek (2007) afirmando que a retração na secagem pode causar fissuras que por sua vez podem ou não ser prejudiciais. As fissuras só são prejudiciais quando permitem a infiltração de água no revestimento já endurecido.

Ainda segundo os autores, os fatores que influenciam essa propriedade são:

- As características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa;
- A espessura e o intervalo de aplicações das camadas;
- O respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho.

A ideia dos autores é completada por Carasek (2007) que afirma que a secagem de forma muito rápida da argamassa depois de aplicada pode gerar fissuras. Isso acontece pois não há tempo da argamassa atingir a resistência à tração mínima que evite fissuras oriundas das tensões internas. A secagem rápida pode se dar pelo clima onde a argamassa está sendo aplicada, ou pela alta taxa de absorção do substrato.

## 2.7.2 Estado Endurecido

De acordo com Trevisol (2015), as argamassas no estado endurecido possuem propriedades que podem ser avaliadas diretamente em corpos de prova e outras que devem ser avaliados ligando estas argamassas a um substrato.

### 2.7.2.1 Aderência

A aderência é a propriedade das argamassas que representa a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e o substrato. Sendo assim a aderência deve ser estudada levando-se em conta tanto as características das argamassas quanto do substrato onde são aplicadas (CARASEK,2007).

A medição de aderência está prevista na norma ABNT NBR 13749:2013, onde está expresso o uso de dois testes para que seja avaliada a aderência. O primeiro, trata-se de um teste de percussão onde se bate com um instrumento rígido na parede, observando se ela apresenta som cavo, se isso ocorrer deve-se refazer o revestimento. O outro teste é por meio de aparelhos, fazendo um ensaio de resistência a tração.

#### 2.7.2.2 Capacidade de absorver deformações

A capacidade de absorver fissuras é a propriedade que as argamassas devem possuir para dissipar pequenos esforços, oriundos da camada de base sem apresentar fissuras, que possam comprometer a estanqueidade e a durabilidade das argamassas. As deformações podem ser grandes ou pequenas. Cabe ao revestimento dissipar somente as deformações menores, que são originadas por causa da umidade ou variação da temperatura. As deformações de grande amplitude como, por exemplo, as oriundas de recalques da estrutura não são absorvidas pelo revestimento (BAIA E SABBATINI, 2008).

A absorção de deformações, segundo Baia e Sabbatini (2008) depende:

- A) Do modulo de deformação da argamassa: a capacidade de absorver deformação aumenta, quando modulo diminui (menor consumo de cimento);
- B) Da espessura das camadas: a capacidade de absorver esforços aumenta conforme aumenta a espessura das camadas. Mas o aumento deve ser controlado para não afetar outras propriedades como a aderência;
- C) Das juntas de trabalho do revestimento: nas juntas de trabalho ocorre a divisão do revestimento em placas menores que por sua vez dissipam mais facilmente as tensões;
- D) Da técnica de execução: na parte de execução, o desempenho de forma correta e na hora certa faz com que o surgimento de fissuras diminua.

#### 2.7.2.3 Resistência mecânica

A resistência mecânica das argamassas é a capacidade que as argamassas têm de resistir a esforços físicos externos tais como abrasão superficial, impacto e a contração termo/higroscópica. Esta propriedade está relacionada aos agregados e aos aglomerantes da

argamassa, sendo que quanto maior for a quantidade de aglomerante, maior resistência tem a argamassa. Além disso, a execução também interfere (BAIA E SABBATINI, 2008).

#### 2.7.2.4 Permeabilidade

A permeabilidade é a propriedade das argamassas que está ligada à passagem de água. A argamassa por ser um material bastante poroso permite a passagem de água tanto no estado líquido quanto no estado gasoso. O revestimento deve ser impermeável impedindo a percolação de água, mas ao mesmo tempo deve permitir a circulação do vapor. Os principais fatores que influenciam para uma parede impermeável são: as características da base, a composição e dosagem da argamassa, a execução do revestimento, e a espessura da camada de revestimento (BAIA E SABBATINI, 2008).

Carasek (2007), complementa a ideia dos autores acima e afirma que a permeabilidade é uma das principais propriedades das argamassas de revestimento de fachada. Segundo a autora, se não for bem executado, o revestimento pode causar danos tanto na estética quanto na estrutura do imóvel, além de problemas de higiene e saúde das pessoas que frequentam o mesmo.

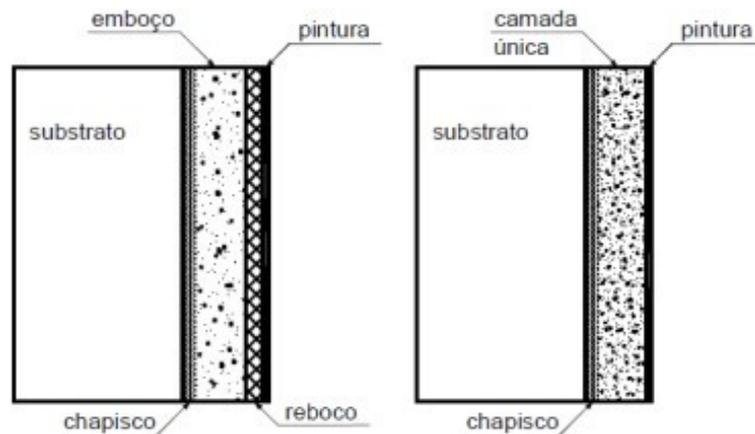
#### 2.7.2.5 Durabilidade

Baia e Sabbatini (2008) cita alguns fatores que influenciam na durabilidade do revestimento entre eles estão: a fissuração, a espessura da camada de revestimento, a ação de microrganismos, a boa qualidade da argamassa e os reparos.

### **2.8 Camadas**

O sistema de revestimento pode ser formado por uma ou várias camadas como na Figura 4, cada uma delas com características e funções diferentes (CARASEK, 2007).

**Figura 4 - Camadas de revestimento.**



Fonte: Carasek (2007).

### 2.8.1 Chapisco

Segundo Carasek (2007), o chapisco é uma camada aplicada sobre a base de forma grosseira com o objetivo de melhorar a aderência e homogeneizar suas características de absorção. A ABNT NBR 13529:2013 define chapisco como camada de preparo da base, aplicada de forma contínua e descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto á absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Ambrozewicz (2015) define o chapisco como sendo um revestimento rústico de argamassa com traço entre 1:2 e 1:3 (cimento: areia grossa). Segundo o autor a aplicação de chapisco em tetos e paredes independentemente do material, devem ser feitas com a base de aplicação previamente umedecida. Para a aplicação em teto recomenda-se a adição de adesivo para argamassa, para garantir melhor aderência. Ainda segundo o autor a cura do chapisco demora 24 horas, podendo-se então aplicar a camada de emboço. O chapisco também pode ser utilizado como acabamento rústico em áreas externas.

### 2.8.2 Emboço

O emboço é uma mistura homogênea de cimento, cal e areia, em suas devidas proporções calculada, de acordo com a superfície de aplicação. É considerado o corpo do revestimento e tem como principais funções: a vedação e a regularização da base e a proteção da edificação contra ação de agentes agressivos (AMBROZEWICZ, 2015).

De acordo com a ABNT NBR 13529:2013 o emboço é caracterizado como camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento.

### 2.8.3 Reboco

Conforme Ambrozewicz (2015), o reboco é uma argamassa mista de cimento areia e cal, podendo ou não conter algum tipo de aditivo, que é dosada conforme a superfície em que será aplicada. A aplicação do reboco deve ser feita somente após a colocação de todas as instalações elétricas e hidráulicas, e antes da colocação de rodapés e guarnições. A superfície que vai receber o reboco deve estar limpa e umedecida.

De acordo com a ABNT NBR 13529:2013 o reboco é caracterizado como camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

### 2.8.4 Massa única

O reboco de massa única, conhecido também como reboco paulista, segundo Carasek (2007) é a alternativa mais utilizada no Brasil. O reboco de massa única consiste na aplicação direta da argamassa sobre o substrato. Esta camada é desempenada e filtrada e recebe a pintura.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados para realização do estudo, juntamente com os ensaios realizados para determinar as propriedades das argamassas e conseqüentemente realizar o comparativo entre elas.

### 3.1 Materiais

A escolha dos materiais utilizados no trabalho deu-se pela disponibilidade deles, não sendo analisado nenhum fornecedor em específico. As argamassas de referência, preparadas para serem comparadas com a argamassa de utilização na obra com problemas, foram definidas por uma pesquisa feita junto às construtoras da cidade de Uberlândia, onde se questionou o traço mais usado por elas.

Foram ensaiados três tipos de argamassas para revestimento, sendo duas delas argamassas comumente utilizadas para revestimento na região e uma de traço semelhante à utilizada na obra com problemas.

Para melhor compreensão dos ensaios e seus resultados adotou-se a seguinte denominação para as argamassas:

- a) Argamassa da obra com problemas = AOP
- b) Argamassa padrão 1 = AP1
- c) Argamassa padrão 2 = AP2

#### 3.1.1 Argamassa da obra com problemas

O traço de argamassa da obra com problemas foi definido por meio de consulta ao projeto e aos prestadores de serviço da obra; porém, sem nenhuma comprovação documental. No projeto foi possível verificar os materiais e as dosagens. É importante ressaltar que o traço aqui utilizado pode não corresponder exatamente com o utilizado nessa obra, haja vista a produção de argamassa de revestimento em larga escala realizada no canteiro de obra, sem definição documental do traço e sem controle tecnológico. Entretanto, para este trabalho considerou-se o valor obtido junto a esta construtora como verdadeiro; onde a argamassa utilizada, a qual apresentou alto índice de patologias possui o seguinte traço: AOP - 1:4 (cimento, areia fina), mais a adição de água e aditivo em obra.

OBS: Foi utilizado um aditivo plastificante no lugar da cal hidratada, uma vez que esse foi o produto utilizado na obra em questão. A Figura 5 ilustra o produto utilizado.

**Figura 5** – Aditivo utilizado no lugar da cal hidratada.



Fonte: Autor (2019).

### 3.1.2 Argamassas padronizadas

Os dois traços de argamassas padronizadas foram definidos por meio de consulta regional, onde buscou-se saber qual era o traço de argamassa utilizado pelas construtoras da região de Uberlândia para a execução de revestimento interno.

Verificou-se que a diferença estava apenas em relação à proporção de agregado utilizada, sendo que os seguintes traços: AP1 - 1:1:8 (cimento, cal hidratada e areia fina) e AP2 - 1:1:12 (cimento, cal hidratada e areia fina).

Neste tipo de argamassa a água foi dosada de forma empírica, sendo que se buscou atingir a mesma consistência na aplicação que possuíam as argamassas utilizadas para reboco na cidade de Uberlândia. Para isso a argamassa era aplicada em uma parede com o auxílio de uma colher

de pedreiro, sendo que a argamassa não deveria estar dura a ponto de não se espalhar na parede, mas também não poderia estar mole a ponto de escorrer. Além disso, todo o processo foi realizado por um pedreiro que trabalha na obra de referência, visando assim, aproximar ao máximo o método de preparo do método real.

A Tabela 6 descreve os quantitativos de massa para cada traço.

**Tabela 6** – Quantitativos de massa para cada componente da argamassa.

<b>Traço em massa</b>					
<b>Argamassa</b>	<b>Traço</b>	<b>Cimento (kg)</b>	<b>Cal Hidratada (kg)</b>	<b>Areia Fina (kg)</b>	<b>Aditivo (ml)</b>
AOP	1:4 (+ água + aditivo) *	12,45	-	49,80	25
AP1	1:1:8	6,25	6,25	50,1	-
AP2	1:1:12	6,25	6,25	74,7	-

Fonte: Autor (2019).

(\*) dosagem entregue pelo fabricante (adição de água e aditivo em obra)

### 3.1.3 Cimento

O cimento utilizado para a fabricação das argamassas AOP, AP1 e AP2 foi o cimento CP II-32. A utilização dele é devido à facilidade com que é encontrado na região do estudo e por ser o mesmo utilizado na argamassa de revestimento do condomínio residencial em questão.

### 3.1.4 Cal

No presente trabalho foi utilizado a cal hidratada, CH-I, apenas nas argamassas AP1 e AP2.

### 3.1.5 Areia

A areia utilizada na elaboração dos traços de argamassas preparadas em obra foi disponibilizada pela Universidade Federal de Uberlândia, sendo que ela foi seca antes da realização dos ensaios para não interferir na relação água/cimento. Além disso, foi utilizada areia fina para simular a granulometria utilizada na obra.

É importante salientar que o fabricante do aditivo comentado acima, sugere a utilização de areia média. Entretanto como na obra em questão não se obedeceu a essa recomendação, realizando assim o traço com a areia fina.

### 3.1.6 Água

Em todos os procedimentos e experimentos do trabalho foi utilizada a água fornecida pela rede de distribuição do DEMAÉ de Uberlândia. Não foram realizados nenhum teste referente à água.

### 3.1.7 Chapisco

Para o presente trabalho utilizou-se chapisco manual. O traço utilizado foi de 1:3, cimento e areia média. Não foram realizados testes do chapisco no estado endurecido.

### 3.1.8 Bases de aplicação em bloco cerâmico

Para a montagem do painel, os blocos cerâmicos utilizados foram cedidos pelo laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. A dimensão dos blocos é de 9x19x29cm, e cada face do painel de 150x100cm foi dividida em três partes iguais ficando assim com as dimensões de 50x100cm. Os blocos cerâmicos receberam a aplicação de chapisco manual na face A e na face B não se aplicou para simular a situação em que ocorre na obra com patologias. O custo (mão de obra e materiais) estimado para montagem do painel foi R\$ 250,00. A Figura 6, 7 e 8 ilustram a metodologia descrita.

Além disso, foi realizada a fixação de sarrafos para a separação dos rebocos com traços de argamassa diferentes. Dessa forma, também foi possível garantir a espessura uniforme do reboco, de 2cm sobre o painel, similar à utilizada na obra de referência.

**Figura 6** – Bloco cerâmico utilizado para montagem do painel.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 7** – Face A do painel com chapisco.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 8 - Face B sem chapisco.**



Fonte: Autor (2019).

### 3.1.9 Aditivo plastificante - Vedalit

O fabricante recomenda que se utilize 100ml do produto para cada 50kg de cimento. Dessa forma, foi feita uma proporção direta para 12,45kg de cimento onde foi obtido os 25ml de aditivo apresentados anteriormente. A Figura 9 ilustra a recomendação descrita na embalagem do produto.

**Figura 9 – Recomendações do fabricante do aditivo.**

#### **Preparo do substrato**

A superfície a ser revestida deve estar previamente chapiscada com um composto de alto desempenho para argamassa e chapisco, como o BIANCO, ter no mínimo 3 dias de cura e estar umedecida antes da aplicação. Para o uso no assentamento, o bloco deve estar umedecido.

#### **Preparo do produto**

Produto pronto para o uso. Misturar o produto antes da aplicação, utilizando ferramenta limpa a fim de evitar a sua contaminação.

#### **Aplicação**

VEDALIT deve ser diluído na água de amassamento, respeitando o consumo. Usar areia média limpa e preferencialmente cimento CP II. Fazer a mistura da argamassa, de preferência, em betoneira ou argamassadeira. Traços recomendados de argamassa: -Assentamento até 1:6 (cimento:areia média) - Revestimento interno e externo até 1:6 (cimento:areia média)

#### **Consumo aproximado**

100 mL/saco de cimento (50 kg).

#### **Rendimento**

Balde de 18 L (18,5 kg) - 180 sacos

Galão de 3,6 L (3,7 kg) - 36 sacos

Tambor de 200 L (206 kg) - 2000 sacos

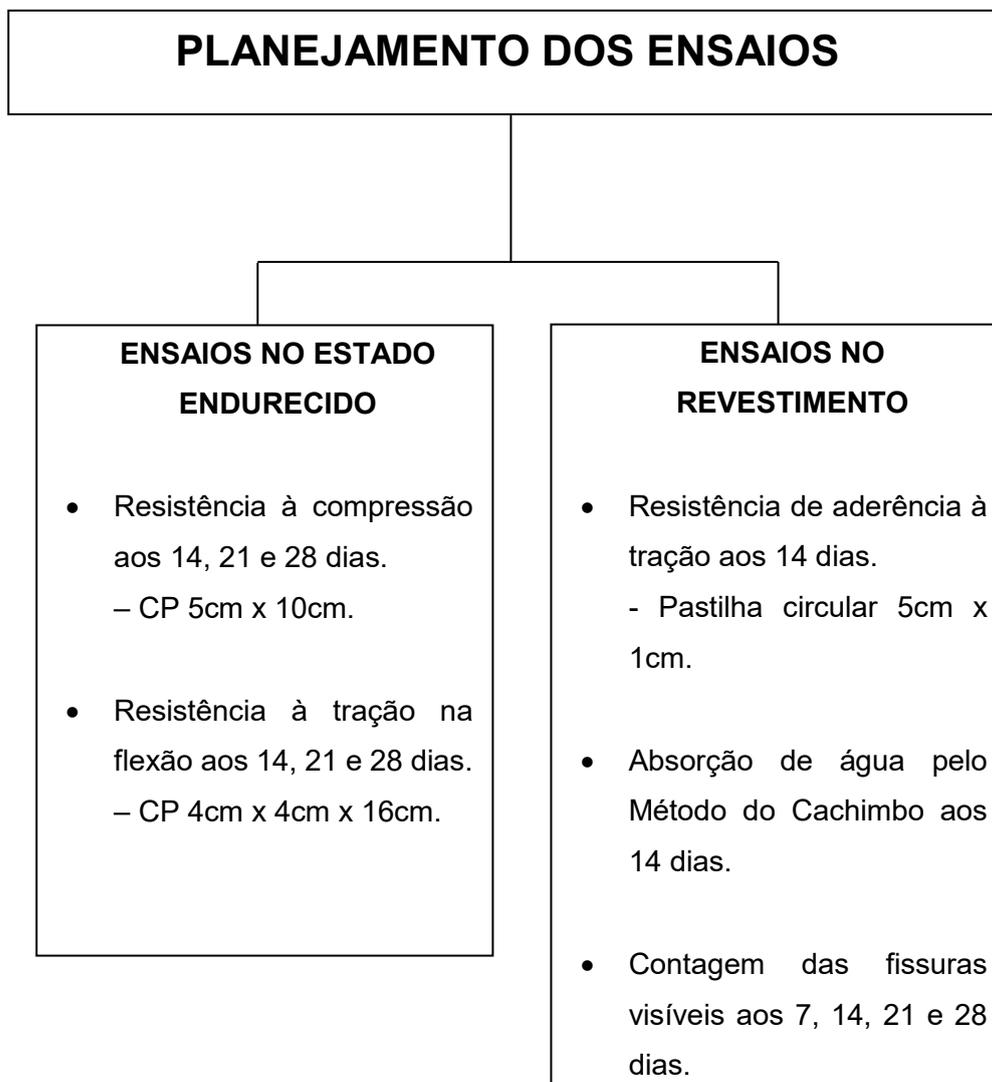
Fonte: Autor (2019).

### 3.2 Métodos

Para o comparativo das argamassas foram realizados uma série de ensaios (campanha experimental), quer no estado endurecido, quer no próprio revestimento do painel, tendo por objetivo determinar quais as argamassas possuem melhores propriedades e as possíveis causas para as patologias encontradas. É importante ressaltar que a construção do painel foi realizada em ambiente coberto para que as condições climáticas não influenciassem nos resultados dos ensaios.

Na Figura 10 pode-se ver o planejamento dos ensaios.

**Figura 10** - Fluxograma com as etapas dos ensaios realizados.



Fonte: Autor (2019).

Todos os ensaios realizados foram feitos seguindo o que determinam as normas. As normas utilizadas para cada ensaio estão descritas na Tabela 7 a seguir.

**Tabela 7** - Ensaio realizados e normas correspondentes.

<b>Ensaio</b>	<b>Normalização</b>
Resistência à tração na flexão	ABNT NBR 13279:2005
Resistência à compressão	ABNT NBR 13279:2005
Resistência potencial de aderência à tração	ABNT NBR 13528:2010
Absorção de água pelo Método do Cachimbo	POLISSENI (1986)

Fonte: Autor (2019).

### 3.2.1 Resistência à compressão e resistência à tração na flexão

Os valores de resistência à compressão e resistência à tração foram obtidos conforme define a ABNT NBR 13279:2005. Neste ensaio foram moldados 9 corpos de prova prismáticos com medidas de 4x4x16cm e 9 corpos de prova cilíndricos 5x10cm. Os moldes foram colocados sobre uma mesa de adensamento e preenchidos em duas etapas, na qual cada uma recebeu 30 golpes.

Depois de preenchidos os corpos de prova foi feito o emparelhamento da superfície. Os corpos secaram por 48 horas dentro dos moldes. Após este período os corpos foram desmoldados e esperaram até serem rompidos, como mostra as Figuras 11 e 12.

Os ensaios de rompimento tiveram início a partir dos 14 dias após a moldagem dos corpos de prova. A cada 7 dias, o rompimento era feito em 2 corpos de prova para cada argamassa, 1 cilíndrico e 1 prismático, utilizados em sua respectiva função.

É importante ressaltar que a cura dos corpos de prova foi realizada de forma submersa em água com cal e em sala úmida. Esse processo contribui com o ganho de resistência e o com controle da fissuração.

**Figura 11** - Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 12** - Ensaio de resistência à tração na flexão.



Fonte: Autor (2019).

### 3.2.2 Resistência potencial de aderência à tração

Os resultados de resistência potencial de aderência à tração foram obtidos através de ensaios realizados conforme a ABNT NBR 13528:2010. Segundo ela, o ensaio é realizado para analisar a aderência do revestimento e pode ser realizado tanto em alvenaria quanto em concreto.

A espessura do revestimento aplicado foi de 20mm, como pode ser visualizado na Figura 13.

**Figura 13** – Espessura do reboco aplicado no substrato.



Fonte: Autor (2019).

Após a aplicação da argamassa nos painéis esperou-se 14 dias para que fosse realizado o ensaio de aderência à tração. Para a realização dele, cada argamassa recebeu quatro cortes circulares afastados entre si e das extremidades em 5 cm. Estes cortes foram feitos na argamassa com uma serra copo até atingirem o substrato. Posteriormente foram coladas placas metálicas, com massa epóxi, ilustradas pela Figura 14, sobre os cortes e realizado o ensaio.

**Figura 14** – Massa epóxi utilizada para a fixação das pastilhas metálicas.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 15 demonstra os furos realizados com a serra copo no painel e a Figura 16 ilustra o as pastilhas metálicas já fixadas com a massa epóxi citada anteriormente.

**Figura 15** – Furos realizados pela serra copo.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 16** – Pastilhas metálicas fixadas no painel.



Fonte: Autor (2019).

O ensaio consiste basicamente em aplicar uma carga de tração nas placas metálicas, para saber qual a força necessária para que haja o desprendimento da argamassa. Feito o arrancamento, a norma determina que seja analisada o tipo de rompimento da argamassa. A Figura 17 ilustra o aparelho utilizado para aplicar a carga de tração.

**Figura 17** - Aparelho utilizado para aplicar carga de tração.

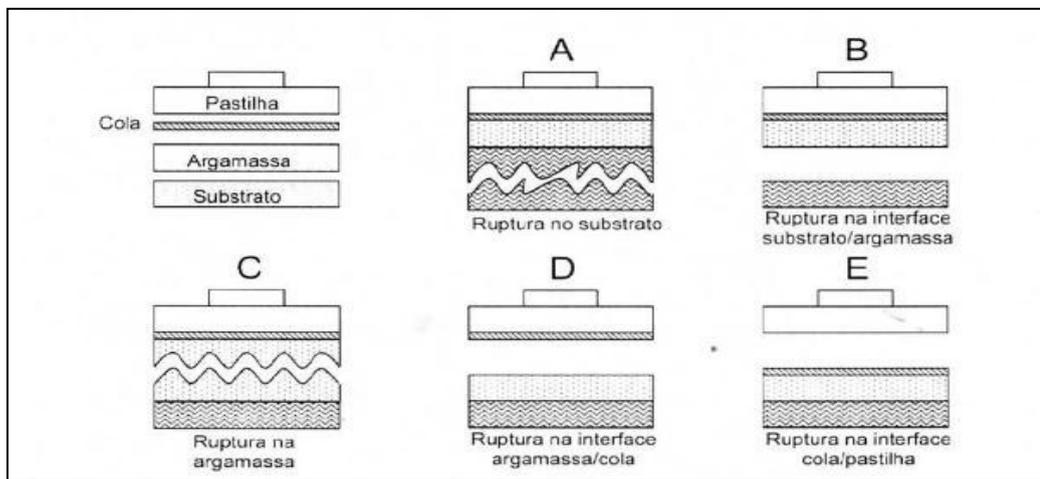


Fonte: Autor (2019).

Conforme a ABNT NBR 13528:2010, os valores de resistência de aderência são determinados quando ocorrer o rompimento na interface chapisco/substrato e chapisco/ argamassa, para bases com aplicação de chapisco e na interface argamassa/substrato quando a base não recebe chapisco. Nas outras formas de ruptura segundo a normativa não é de fato determinada a resistência.

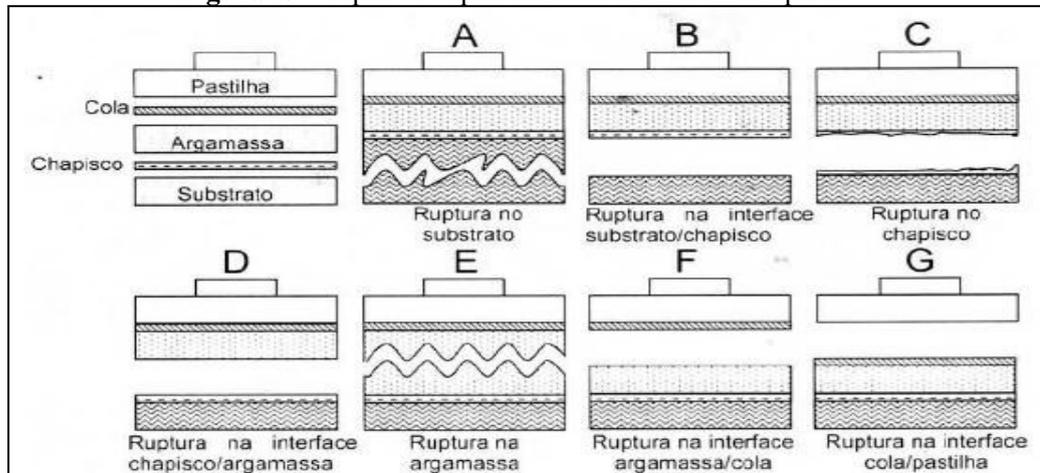
As Figuras 18 e 19 a seguir apresentam as formas de rupturas tanto para substratos com chapisco quanto para sem.

**Figura 18 - Tipos de ruptura em substrato sem chapisco.**



Fonte: ABNT NBR 13528:2010.

**Figura 19 - Tipos de ruptura em substrato com chapisco.**



Fonte: ABNT NBR 13528:2010.

### 3.2.3 Absorção de água pelo Método do Cachimbo

Para a verificação da permeabilidade à água superficial das argamassas citadas, foi utilizado o Método do Cachimbo (POLISSENI, 1986). Trata-se de um ensaio não normatizado no Brasil que permite a quantificação da água absorvida pelo revestimento ao longo de um período específico. Para a realização do ensaio, utiliza-se um cachimbo de vidro graduado em 0,1ml a ser fixado no revestimento com massa de calafetar. O cachimbo de vidro, após devidamente fixado com massa de calafetar (sem oferecer vazamentos), deve ser preenchido cuidadosamente com água até o nível de referência zero (pressão inicial de 92mm de coluna de água). Os materiais utilizados para a execução do ensaio podem ser vistos pela Figura 20.

**Figura 20** – Cachimbo graduado em 0,1ml e massa de calafetar.



Fonte: Autor (2019).

A redução na altura de água corresponde a vulnerabilidade do material quanto à penetração da água. O ensaio foi realizado nos 6 painéis de argamassa com idade de 14 dias, fixando 1 cachimbo em cada um dos painéis como ilustra as Figuras 21 e 22.

**Figura 21** – Fixação dos cachimbos em cada painel de argamassa.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 22** – Ensaio de absorção sendo realizado.



Fonte: Autor (2019).

Foram realizadas leituras do cachimbo a cada 1 minuto até completar-se 15 minutos de ensaio ou o nível de água atingir a marca de 4,0 ml, fazendo-se um total de duas leituras em cada traço de argamassa.

#### 3.2.4 Contagem das fissuras visíveis.

No intuito de averiguar a quantidade e as causas das fendilhações, registradas nas argamassas experimentais, foi feito uma contagem das fissuras com 7, 14, 21 e 28 dias de idade, na qual todo o processo foi realizado por observação visual.

Posteriormente, todos os dados foram organizados em tabelas.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado o painel após a aplicação da argamassa de reboco, ilustrado pelas Figuras 23 e 24. Além disso, são compilados os resultados obtidos através dos ensaios realizados nas argamassas, juntamente com a análise estatística de suas implicações.

**Figura 23** – Face A (com chapisco) após aplicação do reboco.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 24** – Face B (sem chapisco) após aplicação do reboco.



Fonte: Autor (2019).

#### 4.1 Resistência à tração na flexão e resistência à compressão.

Os resultados de resistência à flexão e à compressão foram obtidos através do rompimento por idade de dois corpos de prova, 1 prismático e 1 cilíndrico, por traço de argamassa do painel. Pode-se perceber a seguir que as argamassas que possuem maior resistência à compressão também possuem na flexão. A Tabela 8 a seguir mostra os valores obtidos no ensaio de tração por flexão.

Tabela 8 – Resultado do ensaio de resistência a tração por flexão.

Ensaio de resistência a flexão			
14 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de flexão (N)	1.115,87	285,41	88,14
Espessura do corpo de prova (mm)	39,10	39,98	39,50
Largura do corpo de prova (mm)	39,65	40,19	39,98
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001550315	0,001606796	0,00157921
L - Distância entre os suportes (mm)	99,94	99,88	99,95
Rf - Resistência à tração na flexão (MPa)	2,61	0,67	0,21
21 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de flexão (N)	1.168,28	286,53	264,07
Espessura do corpo de prova (mm)	41,22	40,78	40,44
Largura do corpo de prova (mm)	38,7	40,02	40,06
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001595214	0,001632016	0,001620026
L - Distância entre os suportes (mm)	99,99	99,90	99,91
Rf - Resistência à tração na flexão (MPa)	2,74	0,67	0,62
28 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de flexão (N)	1.170,58	353,46	105,24
Espessura do corpo de prova (mm)	40,58	39,98	39,80
Largura do corpo de prova (mm)	39,10	40,37	40,67
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001586678	0,001613993	0,001618666
L - Distância entre os suportes (mm)	99,91	99,89	99,99
Rf - Resistência à tração na flexão (MPa)	2,74	0,83	0,25

Fonte: Autor (2019).

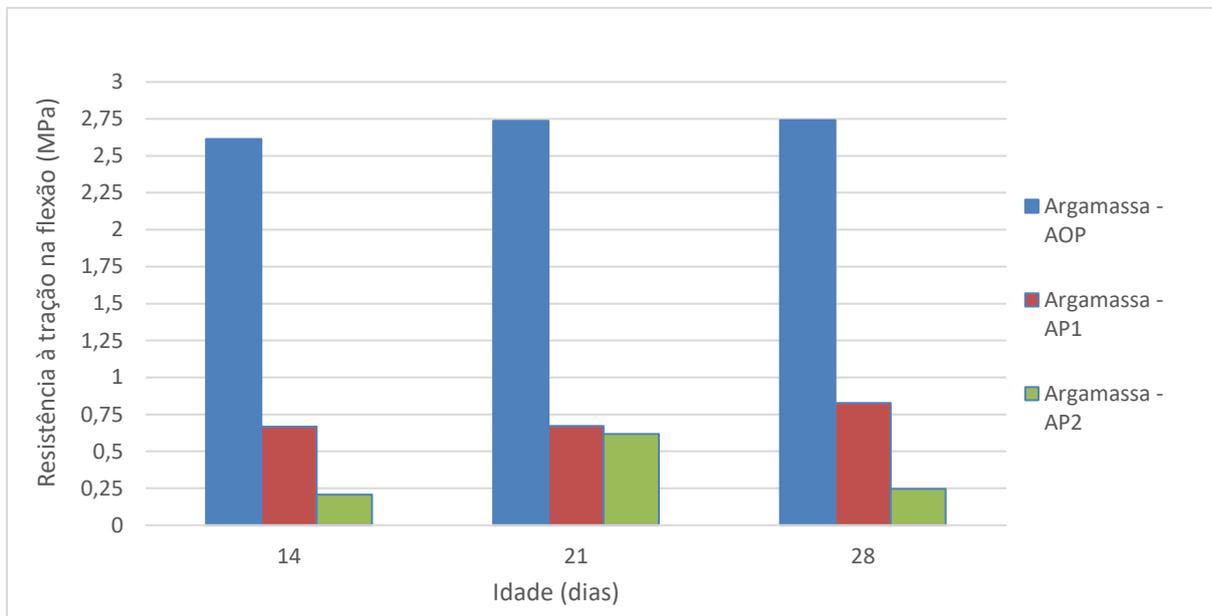
O valor de resistência à tração Rf é obtido através da Equação 1.

$$Rf = \frac{1,5 \times F \times L}{40^3}$$

Equação 1

Conforme pode ser visto no Gráfico 1 a maior resistência a flexão foi da argamassa AOP e a menor foi da AP2.

**Gráfico 1 - Resistência à tração na flexão.**



Fonte: Autor (2019).

Para o estudo estatístico, a argamassa AP1 foi tomada como referência pelo seu teor intermediário de agregado, tanto para os ensaios de tração por flexão quanto para compressão. Deste modo, tendo apenas mais um parâmetro de avaliação, temos o desvio padrão para as diferentes idades de ensaio, representado na Tabela 9.

**Tabela 9 – Desvio padrão das resistências por idade.**

Desvio padrão no ensaio de tração por flexão	
Idade do ensaio	$\sigma$
14	1,043105773
21	0,986966688
28	1,065726319

Fonte: Autor (2019).

A ABNT NBR 13281:2005, estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência à flexão. Assim, a argamassa AOP está na classe R4 e as argamassas AP1 e AP2 se encontram na classe R1. Os valores referentes a cada classe estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** – Classificação quanto a resistência a 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: ABNT NBR 13281:2005.

A Tabela 11 expressa os resultados obtidos no ensaio de compressão em diferentes idades dos traços de argamassa de revestimento.

**Tabela 11** – Resultado do ensaio de resistência a compressão.

Ensaio de resistência a compressão			
14 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de compressão (N)	10.892,94	1.970,95	606,60
D - Diâmetro do corpo de prova (m)	0,04985	0,04972	0,05
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001951732	0,001941566	0,001963495
σ - Tensão de compressão máxima (MPa)	5,58	1,02	0,31
21 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de compressão (N)	12.013,38	2.467,00	1.108,74
D - Diâmetro do corpo de prova (m)	0,04985	0,04958	0,04955
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001951732	0,001930647	0,001928312
σ - Tensão de compressão máxima (MPa)	6,16	1,28	0,57
27 dias	Argamassa - AOP	Argamassa - AP1	Argamassa - AP2
F - Carga máxima de compressão (N)	9.874,67	2.854,44	1.216,95
D - Diâmetro do corpo de prova (m)	0,05003	0,05002	0,05001
Área da seção (m <sup>2</sup> )	0,001965852	0,001965067	0,001964281
σ - Tensão de compressão máxima (MPa)	5,02	1,45	0,62

Fonte: Autor (2019).

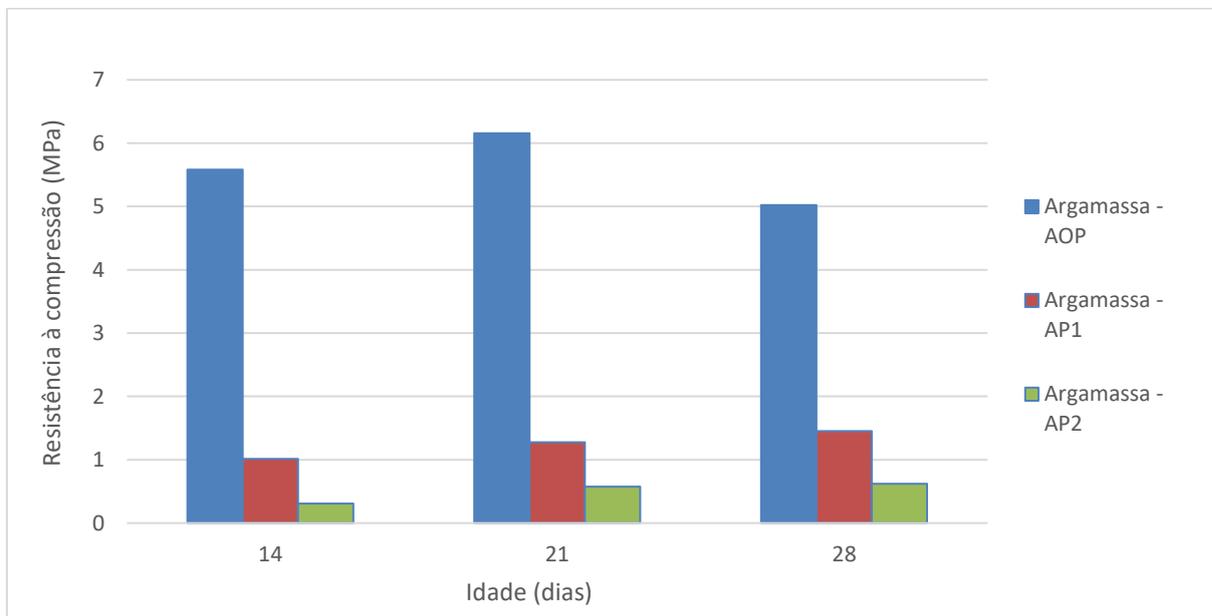
O valor de resistência à compressão  $\sigma$  é obtido através da Equação 2.

$$\sigma = \frac{F}{\pi \times D^2 / 4}$$

Equação 2

Conforme pode ser visto no Gráfico 2 a maior resistência a compressão foi da argamassa AOP e a menor foi da AP2, repetindo o que aconteceu nos resultados de resistência à flexão.

**Gráfico 2 - Resistência à compressão.**



Fonte: Autor (2019).

O desvio padrão para as diferentes idades de ensaio está representado na Tabela 12.

**Tabela 12 – Desvio padrão das resistências por idade.**

Desvio padrão no ensaio de compressão	
Idade do ensaio	$\sigma$
14	2,336753
21	2,481545
28	1,910028

Fonte: Autor (2019).

A ABNT NBR 13281:2005, estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência a compressão. A argamassa AOP está na classe P4 e as argamassas AP1 e AP2 estão na classe P1. Os valores de resistência referentes a cada classe estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13** – Classificação quanto a resistência à compressão.

<b>Classe</b>	<b>Resistência à tração na flexão (MPa)</b>	<b>Método de ensaio</b>
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: ABNT NBR 13281:2005.

#### 4.2 Resistência potencial de aderência à tração

Neste item serão apresentados os resultados dos ensaios de aderência a tração das argamassas aos 14 dias. Foram realizados ensaios de aderência para os 3 traços utilizando dois substratos diferentes. Vale lembrar que traços de argamassa AOP, AP1 e AP2 foram aplicados em substratos de bloco cerâmico com e sem chapisco manual.

A resistência de aderência a tração é definida pela ABNT NBR 13749:2013. A norma determina os valores mínimos para paredes internas, externas e teto expressos na Tabela 14.

**Tabela 14** – Classificação quanto a tensão Ra.

<b>Local</b>		<b>Acabamento</b>	<b>Ra (Mpa)</b>
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: ABNT NBR 13749:2013.

O estudo tem por objetivo analisar as argamassas quanto a sua utilização para reboco interno, ou seja, os valores de resistência deverão ser maiores ou iguais a 0,2 MPa. Os valores obtidos para todas as combinações de argamassas x substratos estão apresentados nos anexos A e B e são calculados pela Equação 3. A Tabela 15 mostra os valores médios encontrados.

$$Ra = \frac{P_a \times A_e \times 9,81}{A_c}$$

Ra: Resistência de aderência a tração (MPa)

Pa: Pressão de ruptura no aderímetro (Kgf/cm<sup>2</sup>)

Ae: Área do êmbolo presente no aderímetro (cm<sup>2</sup>)

Ac: Área do corte realizado pela serra copo (mm<sup>2</sup>)

Tabela 15 - Resultados dos ensaios de aderência.

Argamassa	Chapisco	Traço				Tensão Ra (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão
		Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia fina (kg)	Aditivo (ml)			
AOP-1	Sim	12,45	-	49,8	25	0,1723427	0,2435	0,0599
AOP-2	Sim	12,45	-	49,8	25	0,2790425		
AOP-3	Sim	12,45	-	49,8	25	0,3220245		
AOP-4	Sim	12,45	-	49,8	25	0,2006204		
AP1-1	Sim	6,25	6,25	50,1	-	0,1088335	0,0495	0,0442
AP1-2	Sim	6,25	6,25	50,1	-	0		
AP1-3	Sim	6,25	6,25	50,1	-	0,0145879		
AP1-4	Sim	6,25	6,25	50,1	-	0,0746011		
AP2-1	Sim	6,25	6,25	74,7	-	0	0,0153	0,0266
AP2-2	Sim	6,25	6,25	74,7	-	0		
AP2-3	Sim	6,25	6,25	74,7	-	0,0613367		
AP2-4	Sim	6,25	6,25	74,7	-	0		
AOP-1	Não	12,45	-	49,8	25	0,0140789	0,0725	0,0677
AOP-2	Não	12,45	-	49,8	25	0,1611973		
AOP-3	Não	12,45	-	49,8	25	0,1146402		
AOP-4	Não	12,45	-	49,8	25	0		
AP1-1	Não	6,25	6,25	50,1	-	0,029307	0,0396	0,0531
AP1-2	Não	6,25	6,25	50,1	-	0		
AP1-3	Não	6,25	6,25	50,1	-	0,129257		
AP1-4	Não	6,25	6,25	50,1	-	0		
AP2-1	Não	6,25	6,25	74,7	-	0	0	0
AP2-2	Não	6,25	6,25	74,7	-	0		
AP2-3	Não	6,25	6,25	74,7	-	0		
AP2-4	Não	6,25	6,25	74,7	-	0		

Fonte: Autor (2019).

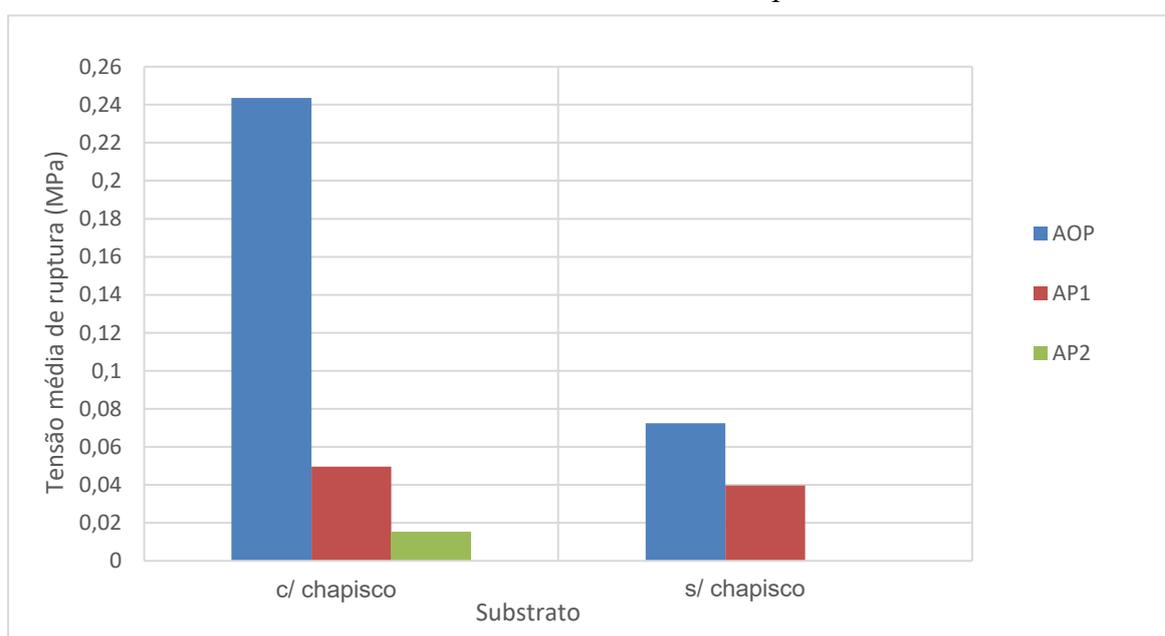
Ao analisar os dados obtidos quando aplicadas em bloco cerâmico sem chapisco podemos observar que nenhuma das argamassas tiveram resultados acima do valor mínimo. A argamassa AOP foi a que teve melhor desempenho neste substrato, mesmo não atingindo o valor de

0,2 MPa. Já na aplicação em bloco cerâmico com chapisco houve apenas uma argamassa (AOP) que atingiu o valor estabelecido pela norma, ficando bem acima das demais argamassas.

O resultado provavelmente se deve ao fato de a argamassa ter uma boa aderência com o chapisco, sendo que quase todos os rompimentos se deram na interface chapisco/argamassa.

No Gráfico 3 é possível observar a grande diferença de aderência das argamassas em relação ao substrato com e sem chapisco.

**Gráfico 3 - Tensão média de ruptura.**



Fonte: Autor (2019).

Outro fator analisado é a região em que houve o rompimento, para que se possa analisar o desempenho do sistema de revestimento. No caso do substrato com chapisco a maior incidência de ruptura ficou na interface chapisco/argamassa e na própria argamassa. Pode-se perceber que a argamassa AP2 teve 100% das rupturas na argamassa, demonstrando que provavelmente houve uma boa aderência dela ao chapisco, resultando no rompimento por tração da própria argamassa. A maior proporção de agregado no traço da argamassa, a torna mais fraca que o próprio chapisco, determinando o rompimento dentro da espessura da mesma e não na interface. Além disso, por ter maior rugosidade em função do maior teor de agregados, acaba por gerar uma maior aderência ao chapisco.

Nos substratos sem chapisco as argamassas tiveram suas concentrações de rupturas na interface do substrato/argamassa e na própria argamassa. A argamassa AOP teve todas as suas rupturas na interface do substrato/argamassa e contrariando o que aconteceu com as demais que tiveram alguns rompimentos na argamassa. Isso ocorreu pelo fato de não ter ocorrido boa aderência entre argamassa e substrato, devido a superfície mais polida do bloco cerâmico e ausência de chapisco.

### 4.3 Absorção de água pelo Método do Cachimbo

O ensaio de absorção de água pelo Método do Cachimbo foi realizado nos 2 painéis de argamassa, aonde se definiu 1 ponto aleatório para a fixação do cachimbo (dispositivo de vidro graduado em décimos de ml). O ensaio visa a obtenção de valores que mensurem a permeabilidade dos revestimentos argamassados.

A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos na avaliação de permeabilidade pelo Método do Cachimbo (POLISSENI, 1986) na idade de 14 dias e em minutos.

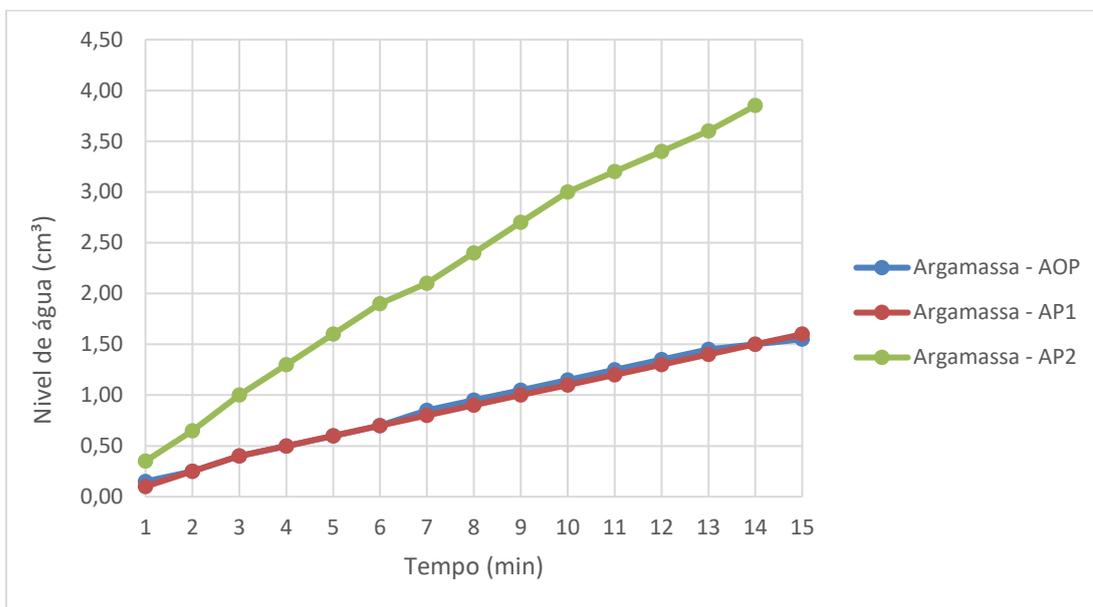
**Tabela 16** – Resultados do ensaio de permeabilidade.

Planilha para ensaio de permeabilidade - Método Cachimbo															
Painel A - C/ Chapisco															
Traço	Nível de água em cm <sup>3</sup>														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>AOP</b>	0,15	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,50	1,55
<b>AP1</b>	0,10	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
<b>AP2</b>	0,35	0,65	1,00	1,30	1,60	1,90	2,10	2,40	2,70	3,00	3,20	3,40	3,60	3,85	-
OBS: A argamassa AP2, no painel com chapisco, atingiu 4cm <sup>3</sup> aos 14 minutos e 17 segundos.															
Painel B - S/ Chapisco															
Traço	Nível de água em cm <sup>3</sup>														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>AOP</b>	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20
<b>AP1</b>	0,10	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	1,00	1,05	1,10	1,15
<b>AP2</b>	0,50	0,90	1,20	1,50	1,80	2,20	2,50	2,80	3,20	3,50	3,80	4,00	-	-	-

Fonte: Autor (2019).

O Gráfico 4 representa os valores obtidos e variação de permeabilidade entre as argamassas estudadas para o Pannel A (com chapisco).

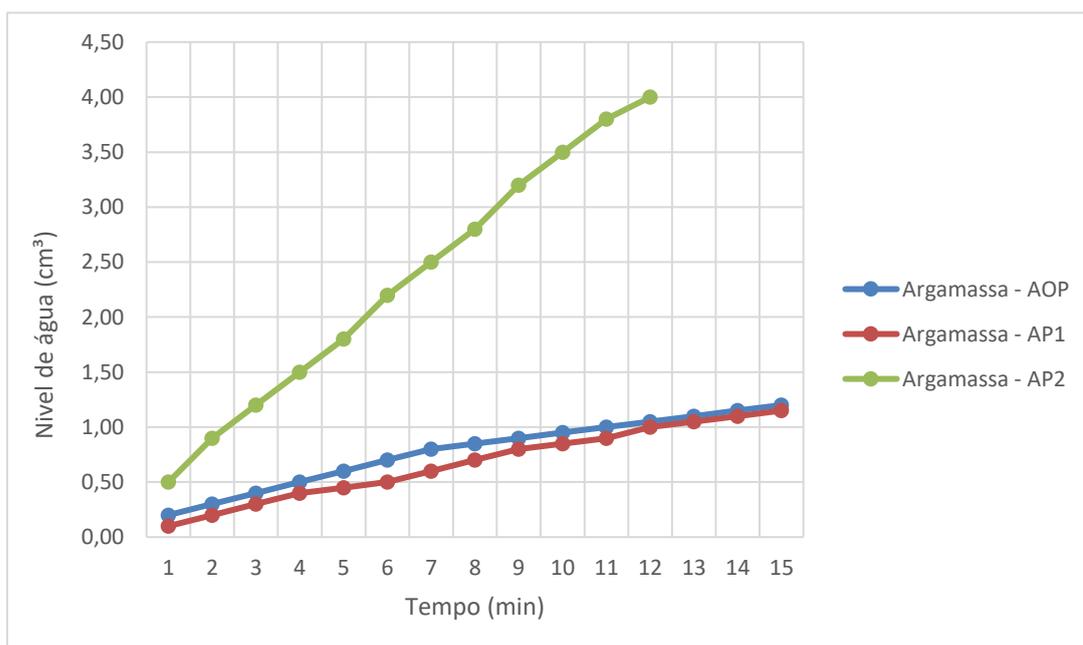
**Gráfico 4 – Permeabilidade das argamassas aplicadas no Pannel A.**



Fonte: Autor (2019).

O Gráfico 5 representa os valores obtidos e variação de permeabilidade entre as argamassas estudadas para o Pannel B (sem chapisco).

**Gráfico 5 – Permeabilidade das argamassas aplicadas no Pannel B.**



Fonte: Autor (2019).

Observa-se que os resultados obtidos pela argamassa AP2 foram de magnitude superior as demais, sendo este comportamento compatível ao esperado. A argamassa AP2, por possuir uma quantidade superior de agregados de uma granulometria semelhante, permite que haja uma percolação de água maior em seu interior; oposto ao que ocorreu com os outros traços de argamassas.

Com relação a presença ou não de chapisco, podemos desconsiderar a influência pois a absorção é importante ser avaliada no próprio revestimento de reboco, porém no painel em que esse estava presente, houve uma maior absorção de água, com exceção da argamassa AP2, que teve uma taxa maior no painel sem chapisco, confirmando assim a não valoração desse elemento como influenciador nessa tipologia de ensaio.

#### 4.4 Contagem das fissuras visíveis

Foi feita a contagem das fissuras visíveis aos 7, 14, 21 e 28 dias. Entretanto, houve fissuras apenas na argamassa AP1, na face do painel em que havia chapisco. A causa dessa fissuração certamente foi a retração, pois além de ocorrerem logo nas primeiras idades, exigiu uma maior quantidade de água de amassamento devido a sua quantidade superior de finos. A Tabela 17 demonstra a quantidade de fissuras e a idade em que foi observado essa patologia.

**Tabela 17** – Quantidade de fissuras de acordo com a idade da argamassa.

<b>Planilha para contagem de fissuras no painel com chapisco</b>		
<b>OBS: Não houve fissuras no painel sem chapisco.</b>		
<b>Argamassa</b>	<b>Idade (dias)</b>	<b>Quantidade de fissuras</b>
AOP	7	0
AOP	14	0
AOP	21	0
AOP	28	0
AP1	7	1
AP1	14	4
AP1	21	5
AP1	28	5
AP2	7	0
AP2	14	0
AP2	21	0
AP2	28	0

Fonte: Autor (2019).

A Figura 25 ilustra as fissuras encontradas e o estado em que o painel de argamassa com chapisco se encontrava aos 28 dias.

**Figura 25** – Fissuras no painel de argamassa aos 28 dias.



Fonte: Autor (2019).

As Figuras 26 e 27 são algumas aproximações das fissuras apresentadas acima.

**Figura 26** – Ampliação de fissura no painel de argamassa.



Fonte: Autor (2019).

**Figura 27** – Ampliação de fissura no painel de argamassa.



Fonte: Autor (2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar, de forma comparativa, os tipos de argamassas de revestimento, comumente utilizados na cidade de Uberlândia/MG, e, também, a argamassa utilizada por uma construtora em específico, através de ensaios físicos no estado endurecido.

Nos ensaios de resistência à tração e à compressão, pode-se afirmar que a dosagem das argamassas teve um papel fundamental para os resultados obtidos. O alto teor de agregado (areia fina) e, conseqüentemente, o baixo teor de cimento das argamassas AP1 e AP2, se comparado com a argamassa AOP, resultaram em uma resistência à tração e à compressão muito inferior daquelas em relação à essa. Essa baixa resistência das argamassas padronizadas, principalmente à tração, pode impactar da aderência de revestimentos cerâmicos, uma vez que nos ensaios de arrancamento, a argamassa rompeu por tração dentro de sua própria espessura.

Com relação aos ensaios de aderência, é possível notar a grande influência do chapisco em um sistema de revestimento por argamassa. Na face do painel em que não havia chapisco, praticamente todas as rupturas dos corpos de provas se deram na interface substrato-argamassa, demonstrando o quão baixa é a aderência de argamassas aplicadas diretamente sobre blocos cerâmicos. Além disso, as tensões de ruptura foram praticamente nulas em quase todas as argamassas.

Por outro lado, na face do painel em que foi realizado o chapisco, houve dois cenários de rompimento: interface chapisco-argamassa e na própria argamassa. Esse fato está ligado ao teor de agregado presente nos traços, pois argamassas com alto teor de agregado (AP1 e AP2) tendem a ter uma resistência à tração inferior às argamassas com baixo teor de agregado (AOP) e, assim, possuir tensões de ruptura ( $R_a$ ) inferiores. Com relação ao uso recomendado pela ABNT NBR 13749:2013 para pintura, apenas a argamassa AOP atendeu aos requisitos mínimos.

Assim, fica evidente que o uso de chapisco garante uma melhor aderência da argamassa de revestimento. Além disso, a utilização de tela de estuque pode ser interessante para uma melhor fixação da argamassa, principalmente em substratos mais lisos.

No quesito absorção, podemos concluir que todos os traços de argamassa obtiveram resultados satisfatórios, haja vista tratar-se de dosagens para revestimento interno. Entretanto, recomenda-se os traços AOP e AP1, pois tiveram absorção menores devido ao teor inferior de agregados se comparado a argamassa AP2. Esse fato pode ser interessante no combate às infiltrações, mofos e bolores.

As fissurações presentes no painel se deram apenas na argamassa AP1 e somaram uma quantidade relativamente alta para uma pequena área de cobertura (0,5m<sup>2</sup>). A causa dessas fendilhações está ligada a dois fatores: excesso de água no preparo da argamassa e variação de volume da argamassa. Esse fato revela a importância de uma dosagem correta, pois até a quantidade de água de amassamento empregada pode influenciar na retração e ocasionar fissuras.

Outro ponto importante é a granulometria da argamassa utilizada, pois o fabricante do aditivo recomenda o uso de areia média, entretanto, utilizou-se areia fina na obra estudada. Esse fato pode aumentar a retração na secagem gerando fissuras, piorar a aderência da argamassa ao substrato e prejudicar a impermeabilidade das paredes. Assim, recomenda-se o uso de areia média, pois evita que grãos de areia penetrem nos poros do substrato e tomem o lugar de produtos da hidratação do cimento que se formariam na interface e produziriam o travamento da argamassa.

Com relação à granulometria do cimento, apesar de não se ter utilizado o CP V-ARI nos ensaios, o uso dele ao invés do CP II pode ser interessante, pois devido a sua maior finura, é capaz de prover uma aderência superior. As argamassas que possuem aglomerantes mais finos preenchem mais facilmente e de maneira mais completa toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão da aderência. Um cuidado especial deve ser tomado com o uso dessa informação, pois, justamente em virtude de sua maior finura, o CPV-ARI pode levar à retração e fissuração do revestimento de modo mais fácil do que com outros cimentos, considerando-se o mesmo consumo.

A cal, além de ser um material aglomerante, possui, por sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água. Entretanto, de acordo com os resultados obtidos para as argamassas AP1 e AP2, a utilização de cal hidratada não foi capaz de prover bons resultados de aderência e de controle de retração, se comparado ao aditivo plastificante. Além disso, demandou um consumo superior de água de amassamento, quando comparado à argamassa AOP.

O uso de aditivo plastificante se demonstrou interessante na argamassa AOP, ao considerar a diminuição da inserção de água na mistura e contribuir para um aumento de resistência mecânica (tração e compressão). Além disso, proveu uma boa trabalhabilidade e aplicação ao painel. É importante ressaltar que argamassas mais plásticas têm maior capacidade de “molhar” a superfície e preencher as cavidades do substrato, o que, por sua vez, aumenta a aderência.

Com base nos resultados dos ensaios realizados, nota-se que o traço de argamassa AOP, dado inicialmente como problemático, obteve um bom resultado comportamental para todos os ensaios. Esse fato está fortemente ligado ao controle tecnológico e às recomendações fornecidas pelo fabricante dos materiais. Na obra de referência provavelmente o uso de aditivo tenha sido aplicado de forma não controlada e, quantitativamente, não obedecendo a recomendação do fabricante, o que pode prejudicar o desempenho da argamassa. Além disso, a ausência de chapisco na obra foi quesito determinante para que houvesse deslocamento de reboco das paredes internas.

Deste modo, esse trabalho valida e recomenda o traço de argamassa 1:4 (aglomerante: agregado) com o uso de aditivo plastificante para argamassa de revestimento interno, a fim de prevenir as patologias aqui estudadas, desde que haja um controle tecnológico e o respeito às recomendações impostas pelo fabricante.

Este estudo é um trabalho acadêmico com investigação inicial e recomenda-se o aprofundamento continuado, preferencialmente, em parceria com a indústria da construção civil, possibilitando, dessa forma, o desenvolvimento de novas metodologias, a busca de resultados e a aplicabilidade prática ao meio produtivo.

## REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. Manual de revestimentos de argamassa. 2002. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 16 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11172: Aglomerantes de origem mineral - Terminologia. Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. 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 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes 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 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

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

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte - Construção de edifícios do início ao fim da obra – São Paulo/ SP: Editora PINI Ltda., 2015.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. Projeto e execução de revestimento de argamassa. 4ª edição, O nome da rosa editora Ltda. São Paulo/SP, 2008.

BAUER, Elton. Revestimento de argamassa – características e peculiaridades. 1ª edição, LEMUnb – SINDUSCON/DF, Brasília/DF, 2005.

CARASEK, Helena. Materiais de construção civil e princípios da ciência da engenharia de materiais. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella – São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 26 – Argamassas, pág. 863 a 904. Volume 2.

DUBAJ, Eduardo. Estudo comparativo entre traços de argamassas utilizadas em Porto Alegre - Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2000.

MATOS, Paulo Ricardo de. Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto - Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2013.

NETO, A. M.; ANDRADE D. C. de; SOTO, N. T. A. Estudo das propriedades e viabilidade técnica da argamassa estabilizada – Monografia (Graduação em Engenharia da Produção) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2010.

POLISSENI, A. E. – Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede – Método do cachimbo. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1986.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. Conhecendo argamassa. 1ª ed. EDIPUCRS. Porto Alegre/RS, 2008.

REGATTIERI, Carlos E; SILVA, Luciano L.R. Ganhos de potenciais na utilização da argamassa industrializada. Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. São Paulo/SP, 2003.

TREVISOL, Luís Alberto. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil). Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2015.

## APÊNDICES

### ANEXO A – Valores encontrados no ensaio de arrancamento para o Painei A

Parede com chapisco																
Corpo de prova						Pressão de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	Área do embolo (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)						
Argamassa	Espessura (mm)	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )					(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
AOP-1	17,6	45	45	45	1590,431	2,4	11,642	274,0992	0,172343	0	0	0	100	0	0	0
AOP-2	16,7	44	45	44,5	1555,285	3,8	11,642	433,9905	0,279042	0	0	0	100	0	0	0
AOP-3	9,4	43	42	42,5	1418,625	4	11,642	456,8321	0,322024	0	0	0	0	100	0	0
AOP-4	21,0	45	45,1	45,05	1593,968	2,8	11,642	319,7825	0,20062	0	0	0	100	0	0	0
AP1-1	16,9	43	43,5	43,25	1469,136	1,4	11,642	159,8912	0,108833	0	0	0	0	100	0	0
AP1-2	14,0	43,7	43,9	43,8	1506,739	0	11,642	0	0	0	0	0	0	100	0	0
AP1-3	20	44,3	45	44,65	1565,787	0,2	11,642	22,8416	0,014588	0	0	0	100	0	0	0
AP1-4	17,0	44,2	44,1	44,15	1530,916	1	11,642	114,208	0,074601	0	0	0	100	0	0	0
AP2-1	11,5	41	41,1	41,05	1323,476	0	11,642	0	0	0	0	0	0	100	0	0
AP2-2	13,5	41,1	41,3	41,2	1333,166	0	11,642	0	0	0	0	0	0	100	0	0
AP2-3	14,4	42,8	43	42,9	1445,455	0,8	11,642	91,36642	0,061337	0	0	0	0	100	0	0
AP2-4	10,0	42,7	43	42,85	1442,087	0	11,642	0	0	0	0	0	0	100	0	0

**ANEXO B – Valores encontrados no ensaio de arrancamento para o Painel B**

Parede sem chapisco														
Corpo de prova						Pressão de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	Área do embolo (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)				
Argamassa	Espessura (mm)	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )					(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
AOP-1	24,4	45,3	45,6	45,45	1622,399	0,2	11,642	22,8416	0,014079	10	90	0	0	0
AOP-2	22,5	45,4	45,7	45,55	1629,546	2,3	11,642	262,6784	0,161197	0	100	0	0	0
AOP-3	22,0	44,6	45,5	45,05	1593,968	1,6	11,642	182,7328	0,11464	0	100	0	0	0
AOP-4	22,0	45,4	45,6	45,5	1625,971	0	11,642	0	0	0	100	0	0	0
AP1-1	21	44,4	44,7	44,55	1558,782	0,4	11,642	45,68321	0,029307	0	100	0	0	0
AP1-2	20,9	43,7	44,8	44,25	1537,859	0	11,642	0	0	0	70	30	0	0
AP1-3	21	45,3	44,7	45	1590,431	1,8	11,642	205,5744	0,129257	0	90	10	0	0
AP1-4	20,9	44	43,8	43,9	1513,627	0	11,642	0	0	0	0	100	0	0
AP2-1	16,6	44	43,5	43,75	1503,301	0	11,642	0	0	0	0	100	0	0
AP2-2	19,8	43,9	44	43,95	1517,077	0	11,642	0	0	0	0	100	0	0
AP2-3	18,3	43,7	43,4	43,55	1489,588	0	11,642	0	0	0	0	100	0	0
AP2-4	16,4	42,9	43,1	43	1452,201	0	11,642	0	0	0	0	100	0	0