



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ABRAHAM RODOLPHE ABIODOUN OMORE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL DE  
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA COM USO DE  
ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIES**

Salvador  
2024

**ABRAHAM RODOLPHE ABIODOUN OMORE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL DE  
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA COM USO DE  
ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIES**

Projeto apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Gabriel Santos Silva

Salvador  
2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Bernadete  
Sinay Neves, Escola Politécnica - UFBA

---

O56 Omore, Abraham Rodolpho Abiodoun.  
Avaliação da eficiência do tratamento superficial de revestimento de  
argamassa com uso de endurecedores de superfícies / Abraham Rodolphe  
Abiodoun Omore. – Salvador, 2024.  
186f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Gabriel Santos Silva.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2024.

1. Revestimento. 2. Argamassa. 3. Argilominerais. I. Silva,  
Francisco Gabriel Santos. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

---

CDD: 691.5


**ABRAHAM RODOLPHE ABIODOUN OMORE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL DE  
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA COM USO DE ENDURECEDORES DE  
SUPERFÍCIES**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.


Aprovada em dia 29 fevereiro 2024.

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
 FRANCISCO GABRIEL SANTOS SILVA  
Data: 15/05/2024 19:22:11-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

Prof. Dr. **Francisco Gabriel Santos Silva**  
Orientador  
PPEC - UFBA

Documento assinado digitalmente  
 VANESSA SILVEIRA SILVA  
Data: 15/05/2024 17:25:24-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. **Vanessa Silveira Silva**  
MP - CECRE - UFBA

Documento assinado digitalmente  
 CLAUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA PERE  
Data: 15/05/2024 16:25:30-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. **Claudio Henrique de Almeida**  
PECC - UnB

Dedico este trabalho aos meus pais, Moïse Omore e Josephine Amoussou (*In memoriam*)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, posso apenas mencionar a minha eterna gratidão, pois não tenho palavras para exprimir tudo o que Ele fez e faz na minha vida.

Aos meus pais Moise Omore e Josephine Amoussou (*in memoriam*), que me educaram para que eu conquistasse o mundo, e por isso eu vim. Os agradecimentos nunca serão suficientes; sem eles, eu não chegaria aqui. Obrigado por tudo.

Aos meus irmãos Louis, Germain, Bienvenu, Colette, Mathieu, Gabriel, Jeanne, Charlotte, por sempre estarem presentes em minha vida, cada um do seu jeito, apoiando e incentivando em pequenas e grandes decisões.

Devo agradecer enormemente à minhas famílias brasileiras, Janete Vasconcelos, Vivaldo Vasconcelos, Quelme Vasconcelos, Jizreel Vasconcelos, Serginho Magalhães e Natali Costa, que vêm sendo um manancial de força e amor nessa jornada. Por obra de Deus, encontramos-nos e nos adotamos. Sou muito grato por tê-los em minha vida. Não vou esquecer Maria Cristina Santos, Josman Santos e Raquel Santos, vocês foram essenciais na minha caminhada e merecem todos os "obrigados" que eu possa escrever e falar.

À família Conceição, quero expressar minha profunda gratidão pelo acolhimento e carinho que recebi de todos vocês (Paulo Sérgio, Marilene, Camila, Êmile, Paloma, Carolina, Matheus, Cristhofer, Bernadete, Darilene, Suciaran, Charles). Em especial, gostaria de agradecer à Camila pelo amor, paciência e carinho que dedicou a mim. Vocês foram fundamentais nesta jornada e deixaram marcas preciosas em meu coração.

Ao meu orientador, Prof. Francisco Gabriel, por todo apoio, orientações e contribuições, não apenas à pesquisa, mas também à minha trajetória e desenvolvimento acadêmico, pessoal e profissional, muito obrigado, professor;

Ao Prof. Raildo Fiuza, Prof. Mauricio, Prof. Denilson Costa e equipes do Laboratório de Catálise (LABCAT), do Instituto de Química, e do Laboratório Multianálise (LABMULTI), do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CIENAM), pelo inestimável apoio com os ensaios de caracterização química;

Ao Prof. Cleidson Carneiro, pelo ensinamento e ajuda no ensaio de microscopia óptica;

Ao Prof. Mário Mendonça, técnicos Allard Monteiro, Alice e Michel e demais pesquisadores do Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (NTPR), da

Escola Politécnica da UFBA, pela recepção, ensinamentos e apoio nos momentos da pesquisa;

Ao Prof. Daniel Kouloukoui, pelo apoio durante a realização da parte discursiva, em especial durante os momentos da análise estatística que exigiram atenção dobrada;

Ao Prof. Ricardo Carvalho e técnica Maria Carolina do Laboratório de Construção e Estruturas S. P. Timoshenko, pelo apoio durante a realização da pesquisa;

Ao Prof. Claudio Henrique de Almeida que, juntamente com a Prof.<sup>a</sup> Vanessa Silveira Silva, fizeram valiosas contribuições à pesquisa durante as fases de projeto e qualificação;

À Prof.<sup>a</sup> Dayana Bastos, Prof.<sup>a</sup> Tatiana Bittencourt Dumet e Prof. Marcelo Strozi Cilla, gostaria de expressar minha profunda gratidão pelo apoio que vocês me proporcionaram durante o período em que estive doente. Sua compreensão, ajuda nas questões hospitalares e apoio durante a internação foram essenciais para atravessar esse desafio;

Aos amigos membros do grupo de pesquisa: Vinícius, Vanessa, Darlan, Priscila pela parceria nas atividades laboratoriais e de pesquisa;

Às minhas amigas de pós-graduação Cibele Mota, Bruna Rosa e Vanessa Pacheco por todo o apoio, conversas e trocas maravilhosas que foram essenciais neste meu processo, vocês são demais!

Aos meus amigos e irmãos que o Brasil me deu, Davidson, David, Fereole, Prudêncio, Jamile, Cinthia Maria, Boris, Lílian, Joaquim, Lais, Thais, Theo, Jilvania, Audrey, Rafael, Kodjovi, Louric, Emmanuel, Neyvisson, Fernanda, Rafael, Lucas, obrigado pelo apoio, as brincadeiras e risadas de sempre.

Ao sr. Eng. André Luiz da Concre Max, Eng. Alan da Viapol, Eng. Pimentel da BRF, Eng. Fernando da Votorantim por toda ajuda e pelo material que me foi disponibilizado.

A toda equipe do Centro Tecnológico da Argamassa (CETA) da Escola Politécnica da UFBA, em especial o técnico Paulo Santanna e o estagiário André, pelo apoio crucial na realização dos ensaios mecânicos e de caracterização;

À equipe do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPEC), em especial o corpo docente pelos valiosos ensinamentos e contribuições, e às secretárias Daniele e Carol pela constante boa vontade e disposição em ajudar;

Agradeço a todos e todas que diretamente e indiretamente me ajudaram nessa jornada, mas que não tiveram seus nomes citados neste texto.

E, por fim, agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo suporte financeiro.



“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser... mas Graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King

## RESUMO

A adição de argilominerais em argamassas de revestimento no Brasil é relatada desde o período colonial. Durante essa época, em Salvador e Região Metropolitana, houve uma predominância do uso desse tipo de argamassa nas edificações. Contudo, o empirismo adotado para se estabelecer a quantidade de argilominerais nos traços e a falta de critérios normativos específicos para dosagem das argamassas, até o momento, tem gerado um número expressivo de problemas patológicos nos revestimentos argamassados com adição de argilominerais. Diante desse contexto, torna-se necessário a pesquisa de métodos para solucionar as patologias que ocorrem em revestimentos de argamassa. O objetivo deste estudo é analisar a eficiência do tratamento superficial com endurecedores de superfície líquidos aplicados em painéis de alvenaria produzidos em laboratório. Para tal, fez-se uma revisão da literatura em bancos de dados científicos (*Scopus, Web of Science, Engineering Village e Science Direct*) sobre o tema, além das normas técnicas relacionadas ao estudo, que orientaram a elaboração do projeto. Sobre a análise, realizaram-se ensaios de caracterização tanto dos materiais utilizados para obtenção da argamassa (cimento, areia e argilomineral), quanto dos blocos cerâmicos. Além disso, elaborou-se um estudo de dosagem da argamassa contendo adições argilosas, do qual se definiu uma argamassa de referência e mais dois diferentes grupos com excesso de material argiloso. Em seguida, confeccionaram-se quatro painéis de alvenaria, usou-se um como referência e aplicou-se os endurecedores nos demais. Quanto às propriedades mecânicas, avaliaram-se os revestimentos com base nos ensaios de resistência da aderência à tração, aderência superficial, resistência ao risco e impacto. Em relação à avaliação microestrutural, realizaram-se análises por microscopia óptica, por microscópio eletrônico por varredura (MEV), além da difração de raios-X (DRX). Concluiu-se que cada produto utilizado apresentou um desempenho diferente, mas em todos os casos a aplicação de endurecedor de superfície promoveu um aumento na resistência de aderência à tração superficial e contribuiu para a impermeabilização parcial do sistema de revestimento, dificultando a penetração da água no substrato.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento; Argilominerais; Manifestações patológicas; Tratamento superficial; Endurecedores de superfícies.

## ABSTRACT

The addition of clay minerals to coating mortars in Brazil has been reported since the colonial period. During this time, in Salvador and the Metropolitan Region, there was a predominance of the use of this type of mortar in buildings. However, the empiricism adopted to establish the amount of clay minerals in the mixes and the lack of specific normative criteria for mortar dosage, to date, has generated a significant number of pathological problems in mortar coverings with the addition of clay minerals. Given this context, it is necessary to research methods to solve the pathologies that occur in mortar coatings. The objective of this study is to analyze the efficiency of surface treatment with liquid surface hardeners applied to masonry panels produced in the laboratory. To this end, a literature review was carried out in scientific databases (Scopus, Web of Science, Engineering Village and Science Direct) on the topic, in addition to the technical standards related to the study, which guided the preparation of the project. Regarding the analysis, characterization tests were carried out on both the materials used to obtain the mortar (cement, sand and clay mineral) and the ceramic blocks. Furthermore, a mortar dosage study containing clay additions was carried out, from which a reference mortar and two different groups with excess clay material were defined. Next, four masonry panels were made, one was used as a reference and hardeners were applied to the others. Regarding mechanical properties, the coatings were evaluated based on tensile adhesion, surface adhesion, scratch and impact resistance tests. Regarding microstructural evaluation, analyzes were carried out using optical microscopy, scanning electron microscope (SEM), in addition to X-ray diffraction (XRD). It was concluded that each product used presented a different performance, but in all cases the application of surface hardener promoted an increase in the adhesion resistance to surface traction and contributed to the partial waterproofing of the coating system, making it difficult for water to penetrate into the surface. substrate.

Keywords: Coating mortar; Clay minerals; Pathological manifestations; Superficial treatment; Surface hardeners.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Camada de revestimento de argamassa convencional .....	31
Figura 2- Tipos de ruptura no ensaio de aderência à tração .....	40
Figura 3- Representações pulverulência em revestimentos .....	52
Figura 4- Detalhe de fissuras mapeadas em revestimento .....	54
Figura 5- Fissuras devido à retração .....	55
Figura 6- Desempenho ao longo do tempo de um elemento ou sistema .....	55
Figura 7- Desagregação com descolamento do revestimento .....	57
Figura 8- Classificação dos tratamentos superficiais .....	59
Figura 9- Endurecedor incorporado ao substrato de concreto .....	60
Figura 10- Microestrutura das argamassas .....	63
Figura 11- Análise MEV na superfície da argamassa (3000x) .....	65
Figura 12- Atuação (a) endurecedores à base de silicatos e (b) à base de flúor-silicatos .....	67
Figura 13- Delineamento das atividades do programa experimental .....	70
Figura 14- Tambores dos quatro tipos de endurecedor .....	73
Figura 15- Mesa de consistência.....	76
Figura 16- Suporte de fixação dos painéis .....	78
Figura 17- Execução da alvenaria .....	78
Figura 18- Esquema de divisão das faces dos painéis .....	79
Figura 19- Densidade de massa em estado fresco .....	91
Figura 20- Índice de retenção das argamassas .....	92
Figura 21: Índice de consistência das argamassas .....	93
Figura 22- Resistência à tração na flexão e compressão.....	95
Figura 23- Densidade de massa aparente no estado endurecido .....	97
Figura 24- Absorção de água por capilaridade.....	98
Figura 25- Paredes chapiscadas.....	98
Figura 26- Paredes revestidas com argamassa de arenoso .....	99
Figura 27- Painel 4 com mapeamento de fissuras .....	100
Figura 28- Aplicação dos endurecedores nos painéis.....	101
Figura 29- Colocação das pastilhas para o ensaio de resistência de aderência superficial .....	102

Figura 30- Resistência à aderência de acordo com a NBR 13755.....	104
Figura 31- Gráfico das resistências de aderência à tração média .....	106
Figura 32- Fixação do cachimbo de vidro com a medição de temperatura e umidade do ar .....	113
Figura 33- Absorção pelo método do cachimbo no painel 1.....	114
Figura 34- Absorção pelo método do cachimbo no painel 2.....	115
Figura 35- Absorção pelo método do cachimbo no painel 3 .....	116
Figura 36- Absorção pelo método do cachimbo no painel 4 .....	117
Figura 37- Equipamento de sonelastic .....	119
Figura 38- DRX do painel 1 sem e com endurecedores .....	126
Figura 39- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 sem endurecedor) .....	129
Figura 40- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 com endurecedor 2) .....	129
Figura 41- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 com endurecedor 4) .....	130
Figura 42 - Ensaio de microscopia ótica dos painéis .....	132
Figura 43 – Painel 1 sem endurecedor .....	155
Figura 44 – Painel 1 com endurecedor 1 .....	156
Figura 45 – Painel 1 com endurecedor 2 .....	157
Figura 46 - Painel 1 com endurecedor 3 .....	158
Figura 47 - Painel 1 com endurecedor 4 .....	159
Figura 48 - Painel 2 sem endurecedor .....	160
Figura 49 - Painel 2 com endurecedor 1 .....	161
Figura 50 - Painel 2 com endurecedor 2 .....	162
Figura 51 - Painel 2 com endurecedor 3 .....	163
Figura 52 - Painel 2 com endurecedor 4 .....	164
Figura 53 - Painel 3 sem endurecedor .....	165
Figura 54 - Painel 3 com endurecedor 1 .....	166
Figura 55 - Painel 3 com endurecedor 2 .....	167
Figura 56 - Painel 3 com endurecedor 3 .....	168
Figura 57 - Painel 3 com endurecedor 4 .....	169
Figura 58 - Painel 4 sem endurecedor .....	170

Figura 59 - Painel 4 com endurecedor 1 .....	171
Figura 60 - Painel 4 com endurecedor 2 .....	172
Figura 61 - Painel 4 com endurecedor 3 .....	173
Figura 62 - Painel 4 com endurecedor 4 .....	174

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos .....	32
Tabela 2- Faixas de consumos de cimento em kg por m <sup>3</sup> de argamassa .....	51
Tabela 3- Características físicas fornecidas pelo fabricante .....	72
Tabela 4- Ensaio a serem realizados no agregado miúdo natural .....	74
Tabela 5- Análises para os argilominerais .....	74
Tabela 6- Ensaio de caracterização químico-mineralógica .....	81
Tabela 7- Caracterização físico, química e mecânica do cimento CP II F-32 (RS) .....	82
Tabela 8- Características geométricas dos blocos cerâmica .....	83
Tabela 9- Valores massa seca e a absorção de água inicial e absorção total por imersão .....	84
Tabela 10- Valores das resistências a compressão .....	84
Tabela 11- Composição granulométrica da areia .....	85
Tabela 12- Caracterização da areia .....	85
Tabela 13 – Composição granulométrica do arenoso .....	86
Tabela 14- Caracterização do arenoso .....	86
Tabela 15- Determinação quantitativa e qualitativa de sais solúveis no arenoso e na areia .....	87
Tabela 16- Os traços desenvolvidos .....	89
Tabela 17- Resultados dos ensaios com a argamassa em estado fresco .....	90
Tabela 18- Resultado dos ensaios com corpos de prova com a argamassa em estado endurecido .....	94
Tabela 19- Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa referência .....	103
Tabela 20- Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa referência .....	105
Tabela 21- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 1) .....	107
Tabela 22- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 2) .....	108
Tabela 23- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 3) .....	109
Tabela 24- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 4) .....	110
Tabela 25 - Resultados de módulo de elasticidade dinâmico .....	119

Tabela 26 - Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 1) .....	121
Tabela 27 - Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 2) .....	122
Tabela 28 - Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 3) .....	123
Tabela 29 - Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 4) .....	124



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
AC	Argamassa Colante
ANOVA	Análise de variância
CETA	Centro Tecnológico de Argamassas
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica
Ca	Cálcio
(Ca (OH) <sub>2</sub> )	Hidróxidos de cálcio
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CP	Cimento Portland
DRX	Difratometria de raios-X
EDX	Espectrômetro de energia dispersiva de raios-X
FTIR	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier
H <sub>2</sub> O	Água
MEV	Microscopia eletrônica por varredura
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Silicato de Sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NBR	Norma Brasileira
NM	Níveis de normalização
SINAPROCIM	Sindicato Nacional da Indústria do cimento
PIB	Produto Interno Bruto
%	Porcentagem
µm	Micrômetro
m	Metro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
≤	Menor igual
e	Espessura
~	Aproximadamente
±	Mais ou menos

N/s	Newton por segundo
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
l/m <sup>3</sup>	Litro por metro cúbico
g/cm <sup>3</sup>	Gramma por centímetro cúbico
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
m <sup>3</sup>	Metro cúbico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>1.1 Problema de pesquisa</b> .....	<b>27</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>27</b>
1.2.1 Geral.....	27
1.2.2 Específicos .....	28
<b>1.3 Hipótese</b> .....	<b>28</b>
<b>1.4 Metodologia da pesquisa</b> .....	<b>28</b>
1.4.1 Técnicas de coletas de dados .....	28
<b>1.5 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>29</b>
<b>1.6 Contribuições da pesquisa</b> .....	<b>29</b>
<b>2 SISTEMA DE REVESTIMENTO</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1 Revestimento de argamassa</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2 Funções do sistema de revestimento</b> .....	<b>33</b>
<b>2.3 Propriedades da argamassa no estado fresco</b> .....	<b>34</b>
2.3.1 Plasticidade .....	34
2.3.2 Trabalhabilidade .....	34
2.3.3 Consistência .....	35
2.3.4 Retenção de água .....	35
2.3.5 Teor de ar incorporado.....	36
<b>2.4 Propriedade da argamassa no estado endurecido</b> .....	<b>36</b>
2.4.1 Resistência à tração na flexão e à compressão .....	37
2.4.2 Mecanismo da aderência .....	38
2.4.3 Resistência de aderência à tração .....	39
2.4.4 Extensão de aderência.....	41
2.4.5 Resistência de aderência superficial .....	42

2.4.6 Retração .....	44
2.4.7 Capacidade de absorver pequenas deformações .....	44
<b>2.5 Argamassa com adições minerais.....</b>	<b>45</b>
2.5.1 Contexto Histórico .....	45
2.5.2 Características dos argilominerais.....	47
2.5.3 Método de dosagem.....	49
2.5.4 Manifestações patológicas em revestimento de argamassa .....	51
2.5.4.1 <i>Pulverulência de superfície</i> .....	52
2.5.4.2 <i>Fissuras</i> .....	53
2.5.4.3 <i>Técnica de reparo da vida útil da edificação</i> .....	55
<b>3 TRATAMENTO SUPERFICIAL DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1 Endurecedores de superfícies .....</b>	<b>59</b>
3.1.1 Propriedades físico mecânicas.....	61
3.1.2 Avaliação microestrutural .....	62
3.1.3 Silicatos de sódio.....	64
3.1.4 Flúor-silicatos .....	66
3.1.5 Silicatos de lítio.....	68
<b>4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Análise estatística .....</b>	<b>71</b>
<b>4.2 Materiais.....</b>	<b>71</b>
4.2.1 Aglomerante .....	71
4.2.2 Agregados .....	72
4.2.3 Blocos.....	72
4.2.4 Endurecedores .....	72
4.2.5 Água.....	73
<b>4.3 Etapas de desenvolvimento do programa experimental .....</b>	<b>74</b>
4.3.1 Etapa 1 - Caracterização dos materiais.....	74

4.3.1.1 Aglomerantes .....	74
4.3.1.2 Agregados .....	74
4.3.1.3 Blocos.....	75
4.3.2 Etapa 2 - Estudo de dosagem .....	75
4.3.3 Etapa 3 - Caracterização da argamassa .....	76
4.3.3.1 Estado fresco.....	76
4.3.3.2 Estado endurecido.....	77
4.3.4 Etapa 4 - Análise dos revestimentos .....	80
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>82</b>
<b>5.1 Caracterizações dos materiais .....</b>	<b>82</b>
5.1.1 Aglomerante.....	82
5.1.2 Agregado miúdo .....	84
5.1.3 Argilomineral .....	85
5.1.3.1 Análise química e mineralógica.....	86
5.1.3.1.1 Sais solúveis .....	86
5.1.3.1.2 Análise da composição por difratometria de raios-x (DRX).....	87
<b>5.2 Estudo de dosagem .....</b>	<b>87</b>
<b>5.3 Caracterização das argamassas.....</b>	<b>89</b>
5.3.1 Estado fresco .....	90
5.3.1.1 Densidade de massa.....	91
5.3.1.2 Índice de retenção de água .....	92
5.3.1.3 Índice de consistência .....	93
5.3.2 Estado endurecido.....	94
5.3.2.1 Resistência à tração na flexão e na compressão .....	95
5.3.2.2 Densidade de massa aparente.....	97
5.3.2.3 Absorção de água por capilaridade .....	97

<b>5.4 Análise de revestimento</b> .....	<b>98</b>
5.4.1 Preparação dos painéis para revestimento de argamassa.....	98
5.4.2 Aplicação do reboco .....	99
Fonte: composição feita pelo autor.....	99
5.4.3 Mapeamento de fissuração dos painéis .....	99
5.4.4 Aplicação dos endurecedores .....	100
5.4.5 Determinação da resistência de aderência à tração.....	102
<b>5.4.5.1 Resistência de aderência à tração superficial</b> .....	<b>103</b>
5.4.5.1.1 Verificações estatísticas .....	106
5.4.5.1.1.1 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 1).....	107
5.4.5.1.1.2 Resultado do Teste do tipo 2 (painel 2).....	108
5.4.5.1.1.3 Resultado do Teste do tipo 3 (painel 3).....	109
5.4.5.1.1.4 Resultado do Teste do tipo 4 (painel 4).....	110
5.4.6 Análise de permeabilidade em painéis .....	111
5.4.7 Módulo de elasticidade dinâmico.....	118
5.4.7.1 Análise de variância dos módulos de elasticidade .....	120
5.4.7.1.1 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 1).....	121
5.4.7.1.2 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 2).....	122
5.4.7.1.3 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 3).....	123
5.4.7.1.4 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 4).....	124
<b>5.5 Análises microestrutural</b> .....	<b>125</b>
5.5.1 Difração por raio-X (DRX) .....	125
5.5.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) .....	128
5.5.3 Microscopia ótica.....	131
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>133</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>136</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>137</b>

<b>APÊNDICES</b> .....	<b>151</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>175</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A argamassa é um dos produtos mais utilizados na construção civil, tendo a sua aplicação tanto nas áreas internas quanto externas das edificações. Os argilominerais, como arenoso, caulim e saibro, eram adicionados à argamassa com o propósito de aprimorar sua trabalhabilidade, caracterizada pela facilidade de manipulação. No entanto, devido à sua natureza muito fina, esses argilominerais aumentam o consumo de água na argamassa. Como resultado, ao longo do tempo, observou-se uma diminuição do desempenho do revestimento. Além disso, esses materiais apresentam tendência à pulverulência, podendo ocasionar retração, fissuração e outros efeitos adversos (CARASEK, 2010).

Desde os tempos das civilizações primitivas, a argamassa tem sido utilizada pelo homem para unir componentes de alvenarias e revestimentos. Inicialmente, materiais ricos em argila, amolecidos com água, eram frequentemente empregados para essa finalidade. Com o tempo, a descoberta das propriedades aglomerantes, especialmente do gesso e da cal, levou a uma mudança na formulação, passando-se a utilizar gesso ou cal, areia e água (GOMES, 2000).

Acredita-se que a utilização de argila em argamassas tenha sido passada pelos mouros para a Península Ibérica, por ocasião de sua permanência naquela região, e dali para as colônias portuguesas e espanholas.

Em estudos realizados em finais do século XIX, o português João Castanheira das Neves indicou que, além de simplesmente cal e areia, entravam outros componentes nas misturas de argamassas, tais como borra de ferro, pó de tijolo, massapês e cinza de carvão (SANTIAGO, 2007).

No entanto, esses materiais não eram capazes de resistir à ação da água, o que levou a uma busca por adições alternativas, como cinzas vulcânicas, tijolos e telhas trituradas, além de outros materiais naturais que garantissem a durabilidade das argamassas, permitindo que elas resistissem ao contato direto com a água. Essa questão só foi resolvida em 1824, com o surgimento do cimento Portland.

A partir desse momento, houve um avanço significativo na construção civil, com o cimento ocupando a posição de principal aglomerante nas argamassas e concretos. Assim, as argamassas passaram a ser normalmente compostas por cimento, cal, areia e água, com a introdução ocasional de aditivos e adições. O cimento é responsável



pelas propriedades de resistência mecânica, enquanto a cal desempenha o papel de conferir trabalhabilidade à massa plástica.

De acordo com Neves *et al.* (1995), na Região Metropolitana de Salvador, as argamassas utilizadas para assentamento e revestimento são tradicionalmente compostas por cimento, areia e adições argilominerais, sendo caracterizadas como arenosas e com a presença de caulim. Essas adições conferem à argamassa uma trabalhabilidade semelhante à argamassa mista. Quando endurecida, a argamassa com adição de caulim apresenta uma superfície lisa, semelhante às argamassas utilizadas para reboco ou massa única.

Em Salvador e Região Metropolitana, os saibros são denominados de arenoso e caulim e eram largamente utilizados no preparo de argamassas de assentamento e revestimento por volta do século XX. São provenientes da formação de barreiras, cujo solo possui areia de composição heterogênea, argila de várias cores, sobressaindo o cinza avermelhado, o roxo e o amarelo. Em termos mineralógicos, a fração de argila desses materiais é composta basicamente de caulinita, com discreta presença de illita (GOMES e NEVES, 2002).

Por ser um material de baixo custo, de fácil aquisição e manuseio, os argilominerais eram empregados com intuito de melhorar algumas propriedades da argamassa. Conforme Gonçalves (2009), as adições minerais geralmente são empregadas como substitutivos da cal hidratada, visando garantir a plasticidade da massa, com menor custo, por esses motivos os argilominerais foram amplamente usados no Brasil.

Muitos autores (BAUER, 2005; CARASEK, CASCUDO e SANTOS, 1995; FERREIRA, 2010; GOMES, 2000; NEVES *et al.*, 1997; SANTIAGO, 2007) vêm buscando advertir, analisar e correlacionar a aplicação de argilominerais em argamassas por todo o país. As pesquisas relatam que o uso desse material deve ser sempre acompanhado de análises preliminares, principalmente um método de dosagem eficaz, com a finalidade de evitar o surgimento de manifestações patológicas nas edificações.

Vale destacar que o Centro Tecnológico da Argamassa (CETA)<sup>1</sup> desenvolveu

---

<sup>1</sup> Laboratório de argamassa no Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais (DCTM), da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em Salvador.

procedimentos para dosagem de argamassas que adotam a massa seca dos materiais com base em seus índices físicos, transforma as quantidades determinadas dos agregados em volumes de materiais úmidos, como podem ser mais facilmente medidos nos canteiros de obra. Para as argamassas que contêm argilominerais, especialmente as empregadas na Região Metropolitana de Salvador, o procedimento de dosagem limita o teor de finos e a quantidade de ar incorporado (GOMES e NEVES, 2002).

O uso indiscriminado dessas argamassas com argilomineral, sem critérios técnicos adequados e sem controle tecnológico, resulta em uma alta incidência de problemas patológicos nos revestimentos produzidos. Estes problemas podem incluir pulverulência, fissuras e baixa resistência superficial, como destacado por Carasek (1996).

Mediante as evoluções constantes no cenário da construção civil, métodos inovadores surgem a partir do aprimoramento de pesquisas e procedimentos executivos em campo e até mesmo pelas adaptações de técnicas que são usadas para materiais e funções diferentes. Dentre os métodos de reparo em estruturas que vêm ganhando destaque, há o uso de endurecedores líquidos de superfície à base de silicatos de sódio e flúor silicatos conhecidos também como “selantes”, “bloqueadores de poros” ou “*waterglass*” (DAI *et al.*, 2010). Pan *et al.* (2015), elaboraram uma abrangente e minuciosa revisão, que classifica os fatores que influenciam na performance do tratamento de superfície e correlaciona o emprego destes materiais, além de analisar diversas interações e performance quanto à durabilidade.

A adição de argilominerais no sistema de revestimento pode ter várias consequências ambientais, dependendo da forma como são utilizados e descartados. Com o uso de endurecedores de superfície sobre argamassas de revestimento, as obras de recuperação de fachadas passam a gerar menos entulho do que obras de recuperação “tradicionais” e, portanto, têm impacto ambiental menor. É importante ressaltar que os impactos ambientais podem ser mitigados ou minimizados por meio de práticas adequadas de manejo e monitoramento.

Os tratamentos de superfície por meio do uso de endurecedores têm sido utilizados em edifícios e pontes rodoviárias há muitos anos (AKIRA *et al.*, 2010). Os endurecedores de concreto à base de silicato de sódio têm sido frequentemente usados na engenharia civil para impedir a penetração da água em estruturas de

concreto novas e existentes a fim de aumentar sua durabilidade (BALTAZAR *et al.*, 2014). Por convenção, para se referir aos selantes será adotado o termo endurecedores de superfície.

Recentemente o número de técnicas de reparo em revestimentos argamassados vem crescendo, nesse mesmo sentido se percebe a evolução de pesquisas científicas, a fim de promover métodos e novos produtos voltados para atender a necessidade do mercado. Apesar da variedade de estudos já realizados, novas abordagens para a elaboração de procedimentos de reparo em revestimentos com argamassa estão sendo implementadas com razoável frequência.

De acordo com essa perspectiva, torna-se relevante a investigação do desempenho do tratamento superficial com endurecedores líquidos de superfície à base de silicatos em revestimentos com argamassados que apresentam manifestações patológicas devido ao alto teor de argilominerais. Dessa forma, o estudo traz uma possível solução para o revestimento em questão, como também a elaboração de uma pesquisa inovadora sobre o uso de endurecedores de superfície em argamassas que contêm adição de argilominerais. Além do mais, são considerados neste trabalho produtos de fabricantes distintos disponibilizados no mercado, os recursos disponíveis, como equipamentos para produção dos painéis de alvenaria, a disponibilidade de matéria prima e mão de obra.

## **1.1 Problema de pesquisa**

Perdas de propriedades mecânicas em argamassas de revestimento com adição de argilominerais em função do tempo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Avaliar o desempenho físico-mecânico-químico-mineralógico de revestimentos de argamassa pulverulentos contendo argilominerais tratados com endurecedores de superfície.

### 1.2.2 Específicos

- Analisar como o aumento do teor de argilomineral (arenoso) influencia no desempenho físico-mecânico da argamassa;
- Avaliar a eficiência de endurecedores de superfícies, considerando a resistência de aderência à tração superficial da argamassa e a sua aplicação com e sem o endurecedor de superfícies;
- Verificar a influência do uso de endurecedores líquidos de superfície em relação ao preenchimento dos poros, à resistência, permeabilidade e acabamento superficial dos revestimentos de argamassa contendo argilominerais;
- Avaliar o comportamento químico-mineralógico (microestrutura, composição, reações, fases e estrutura cristalina) dos revestimentos tratados com endurecedor de superfície.

### 1.3 Hipótese

Os endurecedores líquidos de superfície com seus componentes químicos reagem com o hidróxido de cálcio, com a cal livre e outras partículas da argamassa endurecida formando cristais de alta dureza, que podem promover maior resistência superficial, aumento da aderência à tração superficial no que diz respeito aos revestimentos de argamassa contendo argilominerais.

### 1.4 Metodologia da pesquisa

#### 1.4.1 Técnicas de coletas de dados

No intuito de buscar informações sobre o tema escolhido, fez-se um levantamento do estado da arte, através de teses e dissertações, como também por meio de artigos científicos e periódicos nas bases de dados, *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science e Engineering Village*, além da investigação das normas técnicas vigentes sobre o objeto em questão.

Neste ponto, cabe salientar que foi notada e considerada a lacuna de tempo entre a publicação de parte das fontes encontradas nas bases de dados e o presente estudo. Optou-se por mantê-las, pois, ao longo do tempo, sua relevância não foi superada, visto que são as principais referências sobre o tema em análise disponíveis nas plataformas de pesquisa.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está dividido em seis capítulos, descritos a seguir.

No capítulo 1, dá-se a introdução sobre o assunto, mostrando o problema da pesquisa, a hipótese, os objetivos, a justificativa, a delimitação da pesquisa e a estrutura do trabalho a ser seguida neste documento.

No capítulo 2, desenvolve-se uma revisão bibliográfica sobre os temas em questão, abordando conceitos, fundamentando as causas e consequências do tema deste trabalho.

O capítulo 3 discorre sobre o tratamento superficial de revestimento de argamassa, apresenta as substâncias utilizadas com essa finalidade e suas características químicas, físicas, entre outras.

No capítulo 4, apresenta-se o procedimento experimental, a metodologia da pesquisa, as técnicas usadas para coleta de dados e as variáveis do projeto.

No capítulo 5, encontram-se os resultados obtidos relativos ao trabalho.

O capítulo 6 traz a conclusão da pesquisa e o 7 aponta sugestões para trabalhos futuros.

## **1.6 Contribuições da pesquisa**

Este trabalho visa contribuir para o desenvolvimento da construção civil, especificamente para a área de reabilitação de fachadas de edificações de múltiplos pavimentos e outros tipos, por meio da elaboração de uma técnica de reparo com pretensão de corrigir os problemas patológicos encontrados nos revestimentos de argamassas com excesso de adições argilominerais.

Os critérios de escolha dos materiais foram a disponibilidade dos aditivos no mercado local e endurecedores que já tivessem estudos prévios na literatura disponível.

O material principal relacionado à pesquisa, um aditivo polimérico, é um endurecedor líquido inorgânico à base de silicatos e flúor silicatos, é aplicado para tratamentos superficiais em pavimentos de concreto de diversos fins e, recentemente, usado no sistema de revestimento cerâmico na interface argamassa/cerâmica, como impermeabilizante. A técnica de correção proposta é muito pouco estudada no meio científico, trazendo como contribuição para a construção civil uma nova designação para este material.

Em termos sociais, esse trabalho pode contribuir para as obras de recuperação de fachadas "tradicionais", em que a remoção e recomposição total ou parcial da camada de emboço são necessárias, pois muitas vezes ocorre a exposição do substrato e da estrutura do edifício, o que gera insegurança e insatisfação por parte dos usuários. No entanto, com o avanço da tecnologia de aplicação de endurecedor de superfície, essas obras tendem a ser mais rápidas, mais limpas e não expõem o substrato e a estrutura do edifício. Isso proporciona mais segurança e satisfação aos usuários, além de trazer benefícios em termos de eficiência e qualidade do processo de recuperação das fachadas.

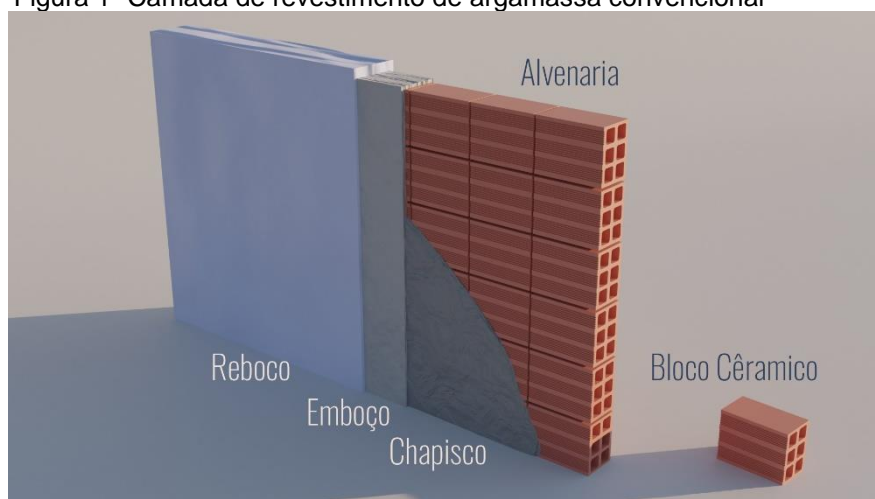
A evolução da tecnologia de aplicação de endurecedor de superfície em argamassas de reboco, utilizadas como base para revestimento de argamassa contendo argilominerais, pode trazer benefícios significativos para as obras de recuperação de fachadas. Uma dessas vantagens é a redução na geração de entulho em comparação com as abordagens "tradicionais" de recuperação. Isso resulta em um menor impacto ambiental, uma vez que menos resíduos são gerados durante o processo. Essa abordagem mais sustentável contribui para a preservação do meio ambiente e promove práticas de construção mais conscientes.

## 2 SISTEMA DE REVESTIMENTO

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), o sistema de revestimento é o conjunto formado pelo revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento e desempenho, previstos em projeto.

Dessa forma, o sistema de revestimento pode se constituir de uma ou duas camadas cujas denominações variam em emboço (massa grossa), reboco (massa fina), ou massa única (emboço paulista), conforme apresenta a figura 1.

Figura 1- Camada de revestimento de argamassa convencional



Fonte: O autor

### 2.1 Revestimento de argamassa

Conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013) o revestimento de argamassa é o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final, decorativo ou não.

De acordo com Alves, Carasek e Cascudo (2010), o revestimento de argamassa deve apresentar capacidade de absorver pequenas deformações, para se deformar sem ruptura ou por meio de microfissuras, de maneira a não comprometer a sua aderência, estanqueidade e durabilidade. O revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas ou por camada única.

A importância do substrato no desempenho do revestimento é muito alta, sobretudo no que tange às suas propriedades físico-mecânicas, ante as quais se pode citar: textura superficial, absorção capilar, porosidade e movimentações higroscópicas irreversíveis, essas propriedades se refletem diretamente no revestimento de argamassa e podem ser sentidas nos ensaios de aderência à tração, resistência ao cisalhamento e formação de fissuras.

De acordo com a NBR 7200 (ABNT, 1998), as bases de revestimentos devem atender as exigências de planeza, prumo e nivelamento. Quando for composta por diferentes materiais e submetida a esforços que gerem deformações diferenciais consideráveis, como é o caso das platibandas, balanços e últimos pavimentos, utilizar tela metálica, ou de outro material, na junção desses materiais, criando, assim, uma zona capaz de suportar essas movimentações.

As espessuras admissíveis, das camadas de revestimento para ambientes internos e externos são estabelecidas pela norma NBR 13749 (ABNT,2013), apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Teto interno e externo	$e \leq 0,20$

Fonte: Adaptado de NBR 13749 (ABNT, 2013)

O número de camadas utilizadas para a execução do revestimento varia de acordo com a escolha do projetista. De acordo com Antunes (2005), o revestimento é feito em duas etapas: de início, com o preparo da base, no qual se procede com o emboço e o reboco para, então, receber o revestimento final, que pode ser decorativo e/ou de proteção.

A camada única é comumente utilizada nas edificações, pois, em apenas uma aplicação, desempenha duas funções: regularização da base e acabamento. A camada única é preparada a partir da junção de cimento, cal e areia média, aplicada diretamente sobre o chapisco, dispensando a etapa do reboco.



Depois do preparo da base (chapisco, emboço e reboco) a superfície se encontra em condições para receber o revestimento decorativo final. A referida etapa do revestimento tem como principal função a estética.

A NBR 13529 (ABNT, 2013), preconiza como material para acabamento decorativo aplicado sobre o revestimento de argamassa como pintura, materiais cerâmicos, pedras naturais, placas laminadas, têxteis e papel.

## **2.2 Funções do sistema de revestimento**

Segundo Alves, Carasek e Cascudo (2010), os revestimentos de argamassa de parede devem cumprir determinadas funções para permitir um desempenho satisfatório das edificações durante o seu tempo de vida útil, resistência ao desgaste e a abalos superficiais, além de regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo como base para acabamentos decorativos e contribuindo para a estética da edificação. Essas funções podem ser de:

- Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso de revestimentos externos;
- Regularizar a superfície servindo como base para acabamentos;
- Servir como isolamento térmico (até 30%), isolamento acústico (até 50%), estanqueidade à água (entre 70% e 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais.

É importante lembrar que não é função do revestimento dissimular imperfeições grosseiras das paredes. No que diz respeito à segurança, as exigências devem ser atendidas pela parede como um todo, podendo ou não haver a contribuição do revestimento. A função primordial que um determinado revestimento deverá desempenhar deve ser considerada como importante fator quando da elaboração do projeto (LARA, 2016).

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece os requisitos, os critérios e os métodos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos, é utilizada como um procedimento de avaliação do desempenho de sistemas construtivos. Os itens a serem observados são os seguintes:

- Desempenho estrutural;
- Desempenho térmico;
- Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis;
- Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas);
- Segurança contra incêndio;
- Resistência a impactos de corpo duro e corpo mole.

### **2.3 Propriedades da argamassa no estado fresco**

Para a argamassa no estado plástico, devem ser avaliadas algumas propriedades importantes que interferem na qualidade final da argamassa, que são plasticidade, trabalhabilidade, consistência e retenção de água (PCZIECZEK, 2017).

#### **2.3.1 Plasticidade**

A plasticidade está relacionada com a capacidade da argamassa se manter deformada após a redução das tensões de deformação (ALVES, CARASEK e CASCUDO, 2010). Recena (2012) menciona que as argamassas de revestimento de paredes devem ter mais plasticidade e que essa característica é obtida pelo aumento de volume da pasta através do incremento da quantidade de água para a sua produção. O aumento da plasticidade permite de forma imediata a aderência com o substrato, assim como um melhor acabamento da superfície.

De acordo com Rago e Cincotto (1999), a plasticidade e a consistência são propriedades que efetivamente caracterizam a trabalhabilidade e são influenciadas pelo teor de água, teor de ar incorporado e pelo processo da mistura.

#### **2.3.2 Trabalhabilidade**

A trabalhabilidade é considerada como a habilidade que a argamassa tem de fluir, ou se espalhar, sobre a superfície do substrato, por suas saliências,

protuberâncias e fissuras, determinando o contato entre a argamassa e o substrato, afetando a capacidade e extensão de aderência do revestimento (SILVA, 2006).

De acordo com Bauer (2005), argamassas que não possuem trabalhabilidade são facilmente identificadas, por exemplo, devido ao aspecto áspero, baixa ou elevada fluidez, segregação e exsudação excessiva, dificuldade de espalhar sobre a base de aplicação e de manuseio. Assim, a trabalhabilidade da argamassa pode ser influenciada pela dosagem dos materiais, características da base, tempo de mistura e execução.

### 2.3.3 Consistência

A consistência está associada à capacidade da argamassa se deformar sob a ação de cargas. É influenciada pela quantidade de água na mistura.

A consistência da argamassa é determinada pela medida do espalhamento de uma porção de argamassa realizada por meio de ensaios de mesa de consistência (*Flow Table*), seguindo os princípios da norma NBR 13276 (ABNT, 2005). A consistência adequada pode variar a depender do tipo de serviço que será executado. Para revestimentos de paredes, a mesma norma recomenda a utilização de argamassas com índice de consistência (espalhamento do tronco de cone na mesa ABNT) de  $260 \pm 5$  mm.

Argamassas de consistência mais fluidas apresentam menor tensão de escoamento. Já a plasticidade está relacionada com a capacidade da argamassa se manter deformada após a redução das tensões de deformação (ALVES, CARASEK e CASCUDO, 2010).

### 2.3.4 Retenção de água

A retração inicia no estado fresco da argamassa e prossegue após o endurecimento. Por isso, é importante que a secagem da argamassa ocorra lentamente, para que se tenha tempo suficiente de atingir uma resistência à tração necessária para suportar as tensões internas que surgirem. Se o clima estiver seco, quente e com ventos fortes, a evaporação aumenta e conseqüentemente maior será a perda de água da argamassa, ocasionando as fissuras de retração; o mesmo

ocorre quando a argamassa é aplicada sobre uma base muito absorvente (CINTRA, 2013).

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

Para Recena (2012), se a argamassa apresentar uma excessiva capacidade de reter água, significa que a perda de água de amassamento será lenta e a resistência mecânica terá um aumento progressivo, garantindo uma melhor estruturação do material e minimizando os processos de fissuração. Esta capacidade de reter água reflete na garantia da aderência dos substratos, evitando o deslocamento das camadas aplicadas nos revestimentos.

### 2.3.5 Teor de ar incorporado

Determina-se o teor de ar incorporado pelo método pressométrico. Tal ensaio se baseia no procedimento da norma Mercosul NM 47:95, que preconiza dois tipos de aparelhos medidores de teor de ar, o tipo A e o tipo B.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), altos teores de ar na argamassa podem ser prejudiciais para sua resistência e aderência devido à grande quantidade de vazios presentes. Nakakura e Cincotto (2004) explicam que o teor de ar incorporado se refere à quantidade de ar aprisionado na argamassa fresca e influencia diretamente a densidade relativa da argamassa nos estados fresco e endurecido, uma vez que o ar possui densidade menor do que a argamassa e ocupa uma fração de sua massa.

Em relação ao tempo de mistura, a NBR 13276 (2005) determina um período de quatro minutos. Segundo as autoras, esse tempo é considerado adequado para argamassas mistas, uma vez que a quantidade de ar incorporado é igual ou muito próxima do teor de ar incorporado em uma obra.

## 2.4 Propriedade da argamassa no estado endurecido

A resistência mecânica das argamassas consiste na capacidade de resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento resultantes de cargas estáticas ou

dinâmicas, ou ainda decorrentes das condições ambientais. Ressalta-se que nos revestimentos de argamassa, as maiores solicitações de resistência são de tração ou cisalhamento (NAKAKURA e CINCOTTO, 2004).

#### 2.4.1 Resistência à tração na flexão e à compressão

Atualmente se adota os procedimentos de ensaios prescritos na NBR 13279 (ABNT,2005): “Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão”. De acordo com Nakakura e Cincotto (2004), os corpos de prova prismáticos (4 cm x 4 cm x 16 cm) utilizados neste ensaio, indicam uma melhor simulação do comportamento da argamassa aplicada na base, devido à espessura do corpo de prova (4 cm) se aproximar daquela utilizada no revestimento de argamassas.

Santos (2014) menciona que essa propriedade depende, basicamente, do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes empregados e da técnica de execução, sendo que esta última visa compactar as argamassas durante a sua aplicação e acabamento. Tem significativa influência da temperatura e da umidade no desempenho e vida útil das argamassas, bem como a resistência, que é inversamente proporcional ao consumo de água (relação água/cimento) devido ao aumento do índice de vazios.

Segundo Veiga (1997), ao relacionar a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão ( $R_t/R_c$ ) da argamassa, pode-se avaliar susceptibilidade à fissuração de revestimentos de argamassa. Isso é possível devido a essa relação ser um indicador de ductilidade da argamassa, visto que a variação entre a ruptura por tração na flexão e a ruptura por compressão se deve, principalmente, à fragilidade.

O traço das argamassas influencia na resistência mecânica, de tal forma que a resistência à tração e à compressão evolui com limitadas adições de cal. Porém, quando esse volume cresce significativamente, a resistência à compressão e o módulo de elasticidade decresce. Quanto maior o teor de cimento, maior será a resistência à compressão, tração e rigidez, e, quanto maior a relação água/cimento, menor será a resistência à compressão e à tração das argamassas convencionais mistas de cimento, cal e areia (CINCOTTO, 2010).

Para Colen (2006), os revestimentos de argamassas estão mais associados à resistência à tração na flexão do que à resistência à compressão. Muitas vezes, a baixa resistência à tração na flexão não permite ao revestimento suportar os esforços de tensões, ocasionando, desta forma, as manifestações patológicas nos revestimentos, tais como a fissuração.

#### 2.4.2 Mecanismo da aderência

A aderência é a capacidade que confere à argamassa condição de resistir aos esforços de tração que ocorrem devido à movimentação da base, variação dimensional provocada por ciclos de molhagem e secagem, dilatações térmicas, entre outras. Essas solicitações poderão provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base ou entre as camadas de argamassas, que deverão ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas (SILVA, 2006).

A NBR 13528-1 (ABNT, 2019) define aderência como a propriedade do revestimento de resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com o substrato. A norma cita ainda que a aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, mas da interação entre as camadas do sistema, sendo necessário especificar o substrato em que a argamassa será assentada, permitindo a análise tanto em laboratório como em obra.

Bauer (2005) descreve que as tentativas de explicação da aderência entre materiais distintos passam pelo entendimento do que acontece na superfície de cada um, bem como na interface surgida com a união delas. Aponta também que qualquer processo de aderência é um fenômeno complexo e pode ser formado, principalmente, pela interação entre os seguintes mecanismos:

- Intertravamento mecânico: a penetração do adesivo nas irregularidades do substrato é a principal força atuante na aderência, tendo a rugosidade da base aderente como um fator preponderante para a majoração da aderência. Esse processo tem uma escala de ação microscópica.
- Difusão de moléculas: controla o transporte de massa entre sólidos e líquidos e representa um movimento de átomos, íons ou moléculas como resultado da diferença de concentração existente.

- Teoria eletrônica: a aderência ocorre pela transferência de elétrons entre a argamassa e o substrato formando uma camada dupla de carga elétrica na interface. Trata-se de um processo de ação macroscópica.
- Adsorção de partículas: as partículas podem se aderir devido às forças interatômicas e intermoleculares que são estabelecidas nas superfícies dos adesivos e substratos após a molhagem do substrato pela argamassa. Essa teoria, de escala de ação molecular, engloba os conceitos de reologia, molhamento e energia de superfície.

Também são relevantes, para a aderência das argamassas, as ligações secundárias do tipo Van der Waals, pois a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície do substrato e parte da água de amassamento penetra pelos poros e cavidades, em que ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal. Após algum tempo, esses elementos precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

O desenvolvimento do mecanismo da aderência se dá em duas etapas distintas, consecutivas e intrinsecamente relacionadas, a adesão inicial e a aderência. A primeira ocorre quando a argamassa no estado fresco é lançada sobre o substrato poroso; a segunda é a aderência propriamente dita, que se desenvolve ao longo do processo de hidratação dos aglomerantes da argamassa (MORENO JUNIOR e SELMO, 2007).

A adesão depende de vários fenômenos presentes na zona interfacial, como a molhabilidade do substrato, as forças de atração físicas induzidas no sistema, a geometria da superfície do substrato e o teor de umidade do substrato versus o tipo de material a ser assentado (GARBAZ, COURARD e KOSTANA, 2006).

#### 2.4.3 Resistência de aderência à tração

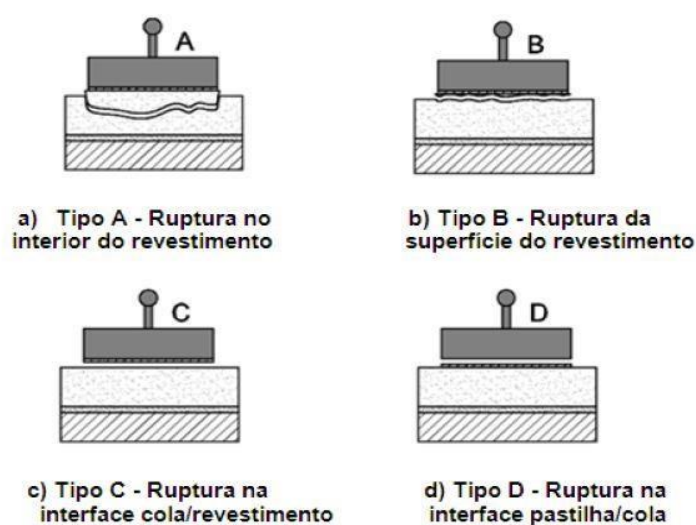
O ensaio de resistência de aderência à tração é o mais utilizado no contexto brasileiro e mundial para avaliação de revestimentos internos e externos, de argamassa ou cerâmico, nas edificações. No Brasil, o ensaio para a determinação da resistência de aderência à tração, também conhecido por ensaio de

arrancamento, é realizado de acordo com método prescrito na norma BR 13528-1 (ABNT, 2019).

Segundo o método de ensaio da referida norma, o corpo de prova é obtido cortando o revestimento perpendicularmente ao seu plano, que pode ser feito de forma circular com serra copo diamantada com diâmetro de 50 mm. Depois é anexada, com cola à base de epóxi, uma pastilha metálica, na qual é afixado um equipamento de tração. Por meio desse equipamento, aplica-se a carga de tração até produzir a ruptura.

Após a ruptura, anota-se o peso que causou a ruptura e o tipo de ruptura, considerando as porcentagens correspondentes a cada parte do corpo de prova, tomando como referência os tipos de ruptura definidos pela norma NBR 13528-2 (ABNT, 2019), conforme a figura 2.

Figura 2- Tipos de ruptura no ensaio de aderência à tração



Fonte: Adaptado de NBR 13528 (ABNT, 2019)

As rupturas ocorridas conforme os tipos C e D indicam falha na colagem da pastilha metálica. Nestes casos, o resultado não corresponde à aderência superficial e um novo corpo de prova deve ser providenciado. A resistência obtida pela ruptura da cola não pode ser utilizada como resistência mínima para o corpo de prova em ensaio. Nos casos da ocorrência de múltiplas formas de ruptura em um mesmo corpo de prova, deve ser anotada a porcentagem aproximada da área de cada forma de ruptura.



A ruptura pode ocorrer entre quaisquer das interfaces ou no interior de uma das camadas que constituem o revestimento. Assim sendo, a forma de ruptura relacionada a seguir deve ser declarada junto com o valor da resistência de aderência superficial do sistema, como a seguir:

- Tipo A – ruptura no interior do revestimento;
- Tipo B – ruptura da superfície do revestimento, da qual partes da argamassa são arrancadas;
- Tipo C – ruptura na interface cola/revestimento, quando apenas poucos grãos são arrancados;
- Tipo D – ruptura na interface pastilha metálica/cola.

Outro importante aspecto observado foi o coeficiente de variação (CV) obtido para os ensaios realizados. Verifica-se que esse coeficiente apresentou valores de até 25%, o que é considerado aceitável, quando comparado com ensaios de resistência de aderência à tração, que tem como característica intrínseca alto coeficiente de variação. Segundo Gonçalves (2004), é comum se observar um coeficiente de variação da ordem de 50% nos resultados desses ensaios.

#### 2.4.4 Extensão de aderência

Costa (2014) afirma que o contato entre superfícies determina a intensidade das ligações na interface, na medida em que a distância aumenta, a intensidade das ligações cai rapidamente. Porém, por menor que seja a separação, essa força é reduzida significativamente, de tal forma que qualquer defeito interfacial reduz significativamente a aderência. Para que diminua a quantidade de defeitos entre a argamassa e o substrato é necessário que se tenha uma extensão de aderência adequada.

Segundo Gonçalves (2004), o processo de aderência mecânica, é acompanhado por outro fator também preponderante para o desempenho do sistema, a extensão de aderência. Essa extensão é a medida que corresponde à razão entre a área de contato efetiva e a área total possível de ser unida entre a argamassa e uma base porosa. Tal extensão diminui à medida que aumenta a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa-substrato.

Vale salientar, no entanto, que o fenômeno de extensão de aderência não está apenas ligado ao fenômeno de lançamento, mas também às propriedades de consistência e plasticidade, bem como à interação entre a argamassa e o substrato pelos de mecanismos de absorção que se refletem na adesão inicial (SILVA, 2006).

Carasek (1996), ao estudar diversos tipos de blocos, constatou que os cerâmicos propiciaram os menores níveis de extensão de aderência, devido às ondulações propositalmente confeccionadas nesses blocos durante a fabricação, tendo em vista que as argamassas muitas vezes não conseguem penetrar bem nessas reentrâncias deixando, por via de consequência, vazios na interface.

A medição da extensão de aderência também não possui uma norma nacional ou internacional, no entanto, alguns pesquisadores vêm propondo formas de quantificar as falhas de contato na interface argamassa-substrato. Nesse sentido, Rudit (2009) quantificou áreas amostrais da interface através de imagens obtidas com lupa estereoscópica e quantificação da área de contato através de *softwares* computacionais. Stolz e Masuero (2015) quantificaram a extensão de aderência com o uso de digitalização tridimensional a laser e quantificação da área total interfacial com *softwares* computacionais.

#### 2.4.5 Resistência de aderência superficial

A NBR 13528-3 (ABNT, 2019) especifica o método para determinação da aderência superficial, pelo ensaio de aderência à tração, de revestimentos de argamassa aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos não metálicos. Em relação aos ensaios em laboratório, o exame deve ser realizado para avaliar a aderência superficial do revestimento sobre painéis de alvenaria, componentes de alvenaria (blocos e tijolos), placas de concreto, entre outros.

As características dos revestimentos devem ser selecionadas conforme os objetivos a que se propõe o ensaio e, no caso de argamassas industrializadas, devem ser seguidas as indicações do fabricante quanto ao processo de aplicação, espessura e acabamento.

Segundo Temoche-Esquivel (2005) a resistência de aderência superficial é definida como a tensão máxima suportada pela superfície do revestimento de argamassa. Assim, de modo a manter suas características funcionais, os

revestimentos de argamassa devem apresentar uma superfície adequadamente resistente às ações de choque e de atrito inerentes à ocupação e circulação normais, que decorrem da mobilidade dos usuários e das operações cotidianas de limpeza ou de manutenção, evitando, com isso, o surgimento e mesmo o avanço de processos de deterioração.

Tais processos se manifestam por meio da perda de planeza e ainda pela existência de defeitos devidos à ocorrência de fenômenos patológicos como a pulverulência ou a desagregação granular. Salienta-se que a resistência superficial é um requisito importante não apenas para os revestimentos de argamassa que receberão acabamento em pintura, mas, sobretudo, para a camada de emboço constituinte de um sistema de revestimento que receberá sobre si uma ou mais camadas, como, por exemplo, o revestimento constituído de placas cerâmicas como acabamento final (COLEN, 2009).

A resistência de aderência superficial ( $R_s$ ), expressa em *mega pascals* (MPa), é calculada pela equação a seguir:

$$R_s = \frac{P}{A} \quad (1)$$

A saber que:

- P é a carga de ruptura, expressa em newtons (N);
- A é a área da pastilha metálica, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>).

A carga P e a área A devem ser introduzidas na expressão de cálculo em número inteiro, enquanto o valor da resistência de aderência superficial ( $R_s$ ) deve ser expresso com duas casas decimais.

A interação de vários fatores relacionados às condições climáticas (temperatura, umidade relativa, vento etc.), à argamassa (reologia, adesão inicial, retenção de água etc.), ao substrato (sucção de água, rugosidade, porosidade etc.) e à execução (energia de impacto, limpeza e preparo da base, cura etc.) torna extremamente desafiador rastrear as causas reais de resultados abaixo do esperado. Portanto, é essencial estudar separadamente a influência de cada um desses fatores para mapear os problemas e melhorar o desempenho geral.

A aderência entre a argamassa e o substrato ocorre em duas etapas distintas: inicialmente, quando a argamassa ainda está fresca, conhecida como adesão inicial, e posteriormente, no estado endurecido, durante a aderência propriamente dita. A qualidade da adesão inicial está diretamente relacionada às características reológicas da pasta, conforme citado por Carasek (1996).

#### 2.4.6 Retração

A retração é um fenômeno que ocorre devido à perda rápida de água de amassamento e pelas reações na hidratação dos aglomerantes, ocasionando as fissuras nos revestimentos. As argamassas ricas em cimento apresentam maior probabilidade para o surgimento de fissuras durante a secagem (SANTOS, 2014).

Por isso, é importante que a secagem da argamassa ocorra lentamente, para que se tenha tempo suficiente de atingir uma resistência à tração necessária para suportar as tensões internas que surgirem. Se o clima estiver seco, quente e com ventos fortes, a evaporação aumenta e, conseqüentemente, maior será a perda de água da argamassa, ocasionando as fissuras de retração; o mesmo ocorre quando a argamassa é aplicada sobre uma base muito absorvente (CINTRA, 2013).

No caso de revestimentos, as fissuras de retração formam ângulos próximos a 90° entre si, assim, se duas fissuras formarem ângulos muito agudos, pelo menos uma delas não é de retração. É importante salientar que, quanto maior for a espessura do revestimento, maior será a retração esperada. Logo, a retração é responsável pela maioria das patologias encontradas nos revestimentos, pois ocasiona fissuras que possibilitam a entrada de água, provocando o aparecimento de fungos e bolor, além de provocar o deslocamento do revestimento e do acabamento (CARASEK, 2007).

#### 2.4.7 Capacidade de absorver pequenas deformações

Segundo Alves, Carasek e Cascudo (2010), o revestimento de argamassa deve apresentar capacidade de absorver pequenas deformações de modo a não comprometer a sua aderência, estanqueidade e durabilidade. Essa propriedade está associada ao módulo de elasticidade e à resistência mecânica das argamassas e

pode influenciar na fissuração e na aderência dos revestimentos. A resistência mecânica e a capacidade de absorver deformações são inversamente proporcionais, pois a deformabilidade do material para um mesmo carregamento é tanto menor quanto maior for a sua capacidade de resistência.

É de suma importância avaliar a capacidade de deformação da argamassa destinada ao revestimento ou assentamento de componentes de alvenaria. A argamassa não se deforma livremente, pois está sujeita às restrições devido às tensões decorrentes da aderência à base em que se encontra aplicada. Caso sua capacidade de deformação não seja compatível ao nível de tensões gerado, a argamassa na forma de revestimento ou junta de assentamento será rompida, comprometendo sua funcionalidade (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

De acordo com Almeida (2012), o módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona a medida da rigidez de um material e está associado com as propriedades mecânicas, como tensão de escoamento (em metais), tensão de ruptura, temperatura de propagação de trincas etc. Sendo assim, o módulo de elasticidade é uma propriedade intrínseca dos materiais e depende da composição química, microestrutura e defeitos (poros e trincas). Além disso, pode ser considerado como a relação entre a tensão aplicada sobre o concreto ou argamassa e a sua capacidade de suportar as deformações.

## **2.5 Argamassa com adições minerais**

É de grande valia pesquisar sobre a história do uso de argilominerais nas argamassas de revestimento no Brasil e nos demais países. Analisar as pesquisas científicas voltadas para o estudo de argilominerais em argamassas contribui para o embasamento de aspectos a serem estudados neste trabalho, como as principais definições normativas e dos pesquisadores, métodos de dosagem e manifestações patológicas levantadas em pesquisas precedentes.

### **2.5.1 Contexto Histórico**

Partindo de um contexto histórico mais amplo, acredita-se que a utilização do solo em argamassas tenha sido passada pelos mouros para a Península Ibérica, por

ocasião de sua permanência naquela região, e dali para as colônias portuguesas e espanholas (SANTIAGO, 2007).

Adailton Gomes (2000), fez uma análise conjectural que diz respeito ao Brasil, o que interessa mais precisamente para este trabalho. O professor relata em sua dissertação, que o reino português, com a ideia de fundar uma “cidade forte” para proteger a nova descoberta, as terras brasileiras, enviou Tomé de Souza, que trouxe consigo trabalhadores capacitados para construir as edificações necessárias para uma “cidade fortaleza”. Desde esse acontecimento, o uso de materiais com composição argilosa passou a ser cada vez mais frequente, no decorrer deste período, sobretudo por serem facilmente encontrados e possuírem características favoráveis à prática de construção.

O mesmo autor diz ainda que:

De modo particular, conhecer as técnicas e os processos construtivos utilizados para a edificação da cidade de Salvador tem importância significativa, porquanto conhecimento dos materiais utilizados e das técnicas empregadas nos possibilita fazer uma avaliação da ação de fatores ambientais sobre as edificações ao longo dos anos, obtendo-se dados diretos. Dessa forma, as diferentes manifestações patológicas apresentadas nos diversos revestimentos de paredes podem ser diagnosticadas, tornando-se possível elaborar projetos de recuperação adequados, sem ferir a estética das construções e nem modificar suas características físicas, que muitas vezes guardem um valor histórico. É importante acompanhar a evolução do uso de argilominerais nas argamassas de revestimento em nossa Cidade, o que poderá fundamentar a pertinência ou não do emprego do caulim e do arenoso nas argamassas utilizadas atualmente (Gomes, 2000, p. 36 e 37).

Oliveira (1995) desenvolveu um estudo à base da experimentação de diversas argamassas retiradas de monumentos antigos no Brasil e de argamassas preparadas em laboratório. No caso das argamassas de construção, do século XVI ao XIX, constatou-se misturas que continham como componente básico a ilita ou a caulinita. Uma das conclusões dessa investigação foi que, a depender do traço adotado, a adição de argila poderia aumentar a resistência à compressão das argamassas. Durante o período mencionado, uma argamassa produzida com adição de argilomineral era denominada argamassa “bastarda”, na Bahia.

O certo é que essa tradição não é comum em muitos países da Europa. Na Alemanha, por exemplo, essa prática é recriminada. Bonazzi (1995) aponta em seu trabalho que, no norte da Itália, foram descobertas várias construções executadas com argamassa “bastarda”, fato que é raro naquele país.

No Brasil existe o Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (NTPR), criado na década de 70 (século XX), resultado da parceria com Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA). O NTPR realiza diversos ensaios e análises de materiais de construção provenientes de monumentos espalhados por todo o país. É frequente o recebimento de amostras de argamassas para que seja averiguada sua composição provável ou que seja feita a identificação da presença de sais solúveis e a fim de medir o teor de umidade. Além disso, uma das principais linhas de investigação do Núcleo é a das argamassas antigas (SANTIAGO, 2012).

Sendo assim, vários pesquisadores brasileiros têm publicado textos sobre a adição de arenoso às argamassas. Como principais temas abordados nos trabalhos, têm-se: métodos de dosagem, avaliação da composição, aspectos normativos e manifestações patológicas. É possível encontrar alguns textos nos quais o emprego de material argiloso é formalmente aceito, contudo existem autores que condenam o uso de adições minerais às argamassas.

### 2.5.2 Características dos argilominerais

Todas as rochas expostas na superfície sofrem intemperismo. Em tal processo, um conjunto de alterações físicas, químicas e biológicas decompõem os minerais, levando à formação de minerais secundários (LEINZ, 2005). Com isso, a maioria dos argilominerais são misturas de minerais e ocorrem pela decomposição das rochas e se constituem em um dos produtos do intemperismo (TEIXEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Formoso *et al.* (2003) e Gomes (2002), os argilominerais são partículas com granulação muito fina e diâmetro inferior a 0,002 mm, formadas no mesmo local da rocha mãe e pouco atacadas pelos agentes atmosféricos (partículas primárias), transportadas para longe da rocha mãe pela água e pelo vento (partículas secundárias). São silicatos de alumínio hidratados, placóides do grupo

da caulinita, montmorilonita, illita e clorita, além de vermiculita de granulação fina, todos formados diretamente da meteorização de rochas, que podem ser transportadas e depositadas como sedimentos fluviais, marinhos, lacustres ou eólicos.

Os argilominerais, compostos por partículas com dimensões inferiores a 2  $\mu\text{m}$ , têm a capacidade de conferir plasticidade e trabalhabilidade às argamassas, por apresentarem área específica relativamente elevada. Do ponto de vista granulométrico, a composição do saibro abrange partículas de pequenas dimensões e difere da composição adotada para a areia constituinte do concreto e argamassas (GOMES e NEVES, 2002).

Uma estrutura completa de argilominerais consiste nas combinações possíveis entre lâminas octaédricas de alumínio e tetraédricas de silício. Além disso, as condições climáticas de cada região do país influenciam nas propriedades dos argilominerais. No Brasil, o clima tropical a temperado favorece o intemperismo, aumentando a quantidade de gás carbônico e ácido orgânico no solo.

Na maioria dos solos não muito intemperizados, que ocorrem em países de clima temperado, predominam argilominerais do tipo 2:1 (dois tetraedros de silício e um octaedro de alumínio); nos solos intemperizados, como a maioria dos que ocorrem em países de clima tropical, predominam os argilominerais do tipo 1:1. Existem ainda os argilominerais interestratificados, que são formados pela superposição de uma mistura de camadas de diferentes argilominerais 2:1, ou de 1:1 e 2:1. Os mais abundantes argilominerais do tipo 2:1 são a vermeticulita e a esmectita (montmorilonita), enquanto a caulinita pode ser considerada o argilomineral do tipo 1:1 mais encontrado (ERNANI, 2008).

Uma estrutura completa de argilominerais consiste nas combinações possíveis entre lâminas octaédricas de alumínio e tetraédricas de silício. Esses minerais podem ser bilaminares, como a caulinita, com camadas em lâminas tetraédricas e octaédricas, e trilaminares, como a montmorilonita e a illita, que possuem uma lâmina octaédrica entre duas tetraédricas (FORMOSO *et al.*, 2003; GOMES, 2002).

Em função da região de ocorrência, os saibros, podem possuir diferentes características físicas, químicas e mineralógicas. Com tudo isso, pode-se dizer que a composição da rocha de origem e o meio físico envolvido, como clima, condições



de drenagem e biosfera, são fatores primordiais na formação dos diversos argilominerais.

Na Região Metropolitana de Salvador, os argilominerais são denominados de arenoso, este material foi largamente utilizado no preparo de argamassas de assentamento e revestimento. O arenoso é proveniente da formação de barreiras, cujo solo possui areia de composição heterogênea, argila de várias cores, sobressaindo a coloração cinza avermelhado, o roxo e o amarelo. Em termos mineralógicos, a fração de argila desses materiais é composta basicamente de caulinita, com discreta presença de illita (GOMES, 2000).

### 2.5.3 Método de dosagem

Dosar uma argamassa é estudar e estabelecer, de acordo com o uso e formas de aplicação, o traço, ou proporções, dos materiais constituintes da mistura (essas proporções podem ser expressas em massa ou volume). Uma metodologia de dosagem de argamassas eficiente é aquela que visa minimizar os erros provenientes de um traço inadequado e produz uma argamassa de maior qualidade e durabilidade, e deve se basear em conceitos e propriedades técnico-científicas adequadas e bem fundamentadas (SANTOS, 2014).

Embora várias contribuições tenham sido oferecidas em relação ao estudo de dosagem de argamassas, ainda não se dispõe de um método padronizado por uma norma técnica no Brasil e no mundo. Inclusive para as argamassas com adições de argilominerais.

Segundo Carasek (1995), a dosagem racional de adições argilosas em argamassas de revestimento e assentamento deve ser considerada a partir de curvas de trabalhabilidade, que correspondem à relação entre agregados/cimento e adição/cimento em misturas experimentais: ao variar a relação areia/cimento, obtém-se, empiricamente, a quantidade mínima de adição capaz de plastificar a argamassa. Cada argilomineral apresenta uma curva de trabalhabilidade específica.

Lara *et al.* (1995) descartam, em princípio, o uso de materiais de natureza argilosa nas argamassas, mas propõem o uso de material aglutinante (as partículas minerais de origem natural, com dimensões inferiores a 0,075 mm) como agente plastificante, sem especificar sua origem. Estabelecem a quantidade de finos total

(material que passa na peneira com abertura de malha de 0,075 mm # 200), e limitam o consumo de água requerido pelo aglutinante, bem como o teor de finos da areia sem, todavia, justificar tais parâmetros.

Com isso, para cada relação agregado/cimento especificada no projeto ou determinada pela experiência do construtor, os autores indicam, através de um gráfico, o consumo estimado de água no traço, calculam a relação água/cimento, os consumos de cimento e de areia e a quantidade de finos faltantes que possibilitam determinar o consumo de aglutinante (LARA *et al.*, 1995).

Gomes e Neves (2002) desenvolveram um estudo que apresenta os parâmetros básicos e o procedimento para formulação de traços de argamassa contendo argilominerais. Neste estudo os autores defendem a adoção de traço em massa para as argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos, ao invés de traço em volume.

É importante salientar que a argamassa utilizada no presente estudo foi desenvolvida com a finalidade de testar os aditivos, para verificar a ação, eficiência e reação da sua aplicação. Sendo assim, utilizou-se os seguintes parâmetros básicos para formulação de traços de argamassa contendo argilominerais:

- Teor máximo de finos (<0,075 mm) do agregado de 7%;
- Relação da adição de argilominerais – arenoso – em relação ao total de agregado máximo de 35%.
- Consumo de cimento especificado no projeto ou conforme recomendação apresentada na tabela 2, exposta na página seguinte;
- Índice de consistência de 260 mm  $\pm$  10 mm; (e) teor de ar incorporado entre 8% e 17%;
- Teor de retenção de água superior a 75%, determinado pelo método NBR 13277 (ABNT,2005).

A quantidade individual da areia e da adição é calculada por tentativas em função do teor de finos, que corresponde à percentagem de material que passa na peneira com abertura de malha de 0,075 mm (# 200). Verifica-se o teor de finos que deve atender ao limite máximo de 7% com a proporção de 35% da adição.

Tabela 2- Faixas de consumos de cimento em kg por m<sup>3</sup> de argamassa

Tipo de argamassa	Uso de aplicação	
	Interna	Externa
Assentamento de blocos	150 – 180	160 – 190
Chapisco (sem adição)	380 – 430	410 – 470
Emboço	160 – 180	180 – 210
Reboco	160 – 170	170 – 190
Camada única	160 – 180	180 – 210
Base para cerâmica	180 – 210	190 – 220
Base para laminado	210 – 240	-
Assentamento	250 – 350	250 – 350

Fonte: Adaptado de GOMES e NEVES (2002)

O consumo de água, segundo os autores, varia muito de uma região para outra e em relação aos materiais e aos teores destes nas argamassas, sendo necessário avaliá-lo em laboratório. Indica-se, como primeira estimativa, o valor de 285 l/m<sup>3</sup> de argamassa. Essa metodologia permite obter traços de argamassas de boa qualidade e de alta durabilidade.

Além da proporção de argilominerais nas argamassas, verificou-se também a proporção total de agregados nos traços dosados empiricamente em obras, verificando-se os consumos de cimento adotados em função do uso das argamassas. Vale ressaltar que a metodologia apresentada se restringiu à dosagem de argamassas contendo adições argilosas da Região Metropolitana de Salvador e a alguns experimentos com adições de outras procedências.

#### 2.5.4 Manifestações patológicas em revestimento de argamassa

As manifestações patológicas recorrentes em revestimentos de argamassas se dão devido à sua composição, aliada à baixa qualidade dos materiais utilizados, à falta de conhecimento técnico do setor e à busca pela redução de prazos de execução dos empreendimentos.

Em relação aos argilominerais, os problemas patológicos que ocorrem nas argamassas com o uso desse material são diversos, pois, na confecção das argamassas, usualmente o emprego dessa adição é efetuado de modo empírico, ou seja, herdado através de experiências de profissionais da construção civil, sem

nenhum estudo técnico científico quanto ao uso dos argilominerais nas argamassas (PEREIRA, REGO e FERREIRA, 2009).

Um levantamento elaborado por Gomes e Neves (2002), em diversas obras no Brasil, constatou que o consumo de adições argilosas em argamassas estava em torno de 50% da quantidade total de agregados e que pulverulência superficial e fissuras eram patologias frequentes na argamassa de revestimento.

Alves, Carasek e Cascudo (2010), dizem que, mesmo com as vantagens no emprego dos argilominerais, há grandes desvantagens no seu uso, visto que pode ocasionar grande quantidade de patologias.

Considerando que essas patologias são geradas através de sua utilização indiscriminada, existe dificuldade em se especificar traços precisos, uma vez que há ampla variabilidade nas características dos argilominerais, de valores excessivos de matéria orgânica, além do material ser muito heterogêneo.

Em resumo, nota-se que as principais manifestações patológicas encontradas nos revestimentos argamassados com excesso de argilominerais são pulverulência de superfície (desagregação), baixa aderência superficial e fissuras.

#### 2.5.4.1 *Pulverulência de superfície*

A pulverulência pode ser identificada pela desagregação e esfarelamento da argamassa quando pressionada manualmente, acompanhada de uma baixa resistência superficial ao risco (BAUER, 2010).

Figura 3- Representações pulverulência em revestimentos



(a) Desagregação da argamassa  
Fonte: Adaptado de Ferreira (2010).



(b) Cavidade formada no revestimento

Para Antunes (2010), embora se mantenha aderida ao substrato, uma argamassa com pulverulência excessiva não apresenta resistência mecânica conveniente, fato facilmente comprovado ao se friccionar algum objeto metálico sobre ela e constatar esfarelamento. Esse fenômeno consiste na perda de continuidade da argamassa de emboço (figura 3) e pode se manifestar através do esfarelamento da argamassa.

Quando a argamassa apresenta esfarelamento e baixa resistência ao risco, favorece a ocorrência de descolamento por pulverulência. As causas mais frequentes desta patologia são o tempo insuficiente de carbonatação da cal existente na argamassa, ao não se observar um período de três dias para aplicação de outra camada de revestimento, como também o emprego de argamassa contendo cimento e adição de gesso (reação expansiva pela formação de etringita). Outro fator importante é a substituição da cal por produtos não pozolânicos, os quais não promovem ligação dos agregados e, conseqüentemente, sofrem expansões e contrações em função do grau de umidade, desagregando com facilidade (BAUER, 2010).

Para Carasek *et al.* (1995), as argamassas que contêm argilominerais podem ocasionar esse tipo de anomalia nos revestimentos. Os autores explicam que a substituição da cal por arenoso não possui efeitos aglomerantes, além disso, as partículas da argila podem recobrir os grãos de areia, reduzindo a coesão interna da argamassa e prejudicando a adesão da pasta e da areia.

Conforme Henriques *et al.* (2004), a desagregação é mais frequente em argamassas antigas, por oposição às argamassas de cimento, sobretudo após o destacamento da camada superficial do reboco (mais endurecida e que, ao desaparecer, deixa expostas ao ambiente as camadas interiores).

#### 2.5.4.2 Fissuras

As causas que provocam a fissuração e os fatores que influenciam este fenômeno são inúmeros e complexos, o que torna difícil a avaliação com base num único critério, levando em conta apenas as características dos revestimentos (VEIGA, 1997).

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), microfissuras são aberturas com espessura inferior a 0,05 mm, fissuras têm espessura inferior ou igual 0,5 mm e trincas são aberturas superiores a 0,5 mm e inferiores a 1 mm.

As argamassas que contêm adições argilominerais são propícias à fissuração do tipo mapeada, isso devido ao excesso de partículas finas provenientes do material argiloso (CARASEK; CASCUDO e SANTOS,1995). Além do teor de finos, percebe-se nesses revestimentos uma elevada espessura, nesses casos, superiores a 30 mm (figura 4), muitas vezes executadas para corrigir o prumo não alcançado em etapas anteriores (BAUER, 2010).

Figura 4- Detalhe de fissuras mapeadas em revestimento



Fonte: BAUER (2000)

As fissuras mapeadas, além de se formarem devido à retração da argamassa, podem ser originadas devido à elevada quantidade de finos do traço, ou mesmo pelo excesso de desempenamento, conforme prevê a NBR 13749 (ABNT, 2013).

O elevado teor de partículas finas provoca um aumento no consumo de água para garantir a trabalhabilidade adequada, e a perda dessa água durante a secagem causa a retração e, conseqüentemente, a fissuração do revestimento (figura 5, página seguinte). Além disso, há o surgimento de fissuras geométricas, após o endurecimento das argamassas com argilominerais, pois muitos desses materiais apresentam variações cíclicas de volume como conseqüência de variações de umidade do ambiente (CARASEK; CASCUDO e SANTOS,1995).

Figura 5- Fissuras devido à retração

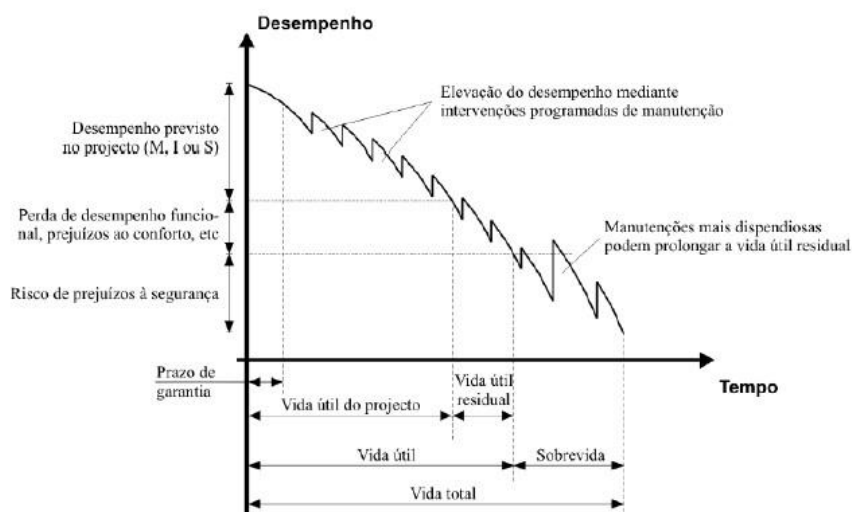


Fonte: RIBEIRO, VIEIRA e VIEIRA (2016)

#### 2.5.4.3 Técnica de reparo da vida útil da edificação

De acordo com Gaspar e Brito (2005), o adequado diagnóstico do estado de conservação dos elementos de fachada e o seu prognóstico de comportamento servem para auxiliar projetistas e usuários a conceberem edificações e estratégias de manutenção que permitam incrementar a durabilidade desses componentes. Assim, entende-se que o acerto na investigação da edificação é um elemento chave para a condução adequada dos serviços de manutenção, devendo-se, apenas após a definição das necessidades, buscar alternativas de intervenção menos onerosas e traumáticas possíveis.

Figura 6- Desempenho ao longo do tempo de um elemento ou sistema



Fonte: ABNT NBR 15575-4: 2002.

Na figura 6 é possível acompanhar o desempenho de um elemento ou sistema ao longo do tempo, de acordo com a norma 15575-4, do ano de 2002, da ABNT.

Segundo John e Cremonini (1989), a durabilidade dos revestimentos de fachada, está vinculada com as atividades de manutenção, que, segundo os autores, pode ser definida como um conjunto de serviços realizados na edificação e suas partes durante a sua vida útil, com o objetivo de manter seus desempenhos iniciais.

A NBR 5674 (2012) define manutenção como um conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes para atender as necessidades e segurança dos seus usuários.

Na organização da gestão do sistema de manutenção deve ser prevista infraestrutura material, técnica, financeira e de recursos humanos capaz de atender aos diferentes tipos de manutenção necessários, a saber:

- Manutenção rotineira, caracterizada por um fluxo constante de serviços, padronizados e cíclicos, citando-se, por exemplo, limpeza geral e lavagem de áreas comuns;
- Manutenção corretiva, caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários;
- Manutenção preventiva, caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação.

Em referência à execução do reparo numa edificação e especialmente em revestimentos de argamassa, nota-se que esse tipo de trabalho ocorre na execução da manutenção corretiva. Gomide *et al.* (2006) definem o reparo como sendo a atividade que visa à reparação ou restauração de falhas ou anomalias, seja planejada ou não, numa edificação. Implica, necessariamente, na paralisação total ou parcial de um sistema. É o tipo de manutenção que apresenta os custos mais elevados de execução.



No que se refere às argamassas de revestimento, deve-se ter um diagnóstico preciso dos fatores de degradação (ver figura 7) a que estará submetido o revestimento de fachada, uma vez que a forma de deterioração é função da natureza do componente e das condições de exposição a que está submetido. Além disso, deve-se realizar uma inspeção mais criteriosa para uma identificação mais segura das regiões do revestimento com aderência efetivamente afetada ou não.

Figura 7- Desagregação com descolamento do revestimento



Fonte: FERREIRA (2010)

Sendo assim, busca-se a realização de reparo de revestimentos em argamassas que contenham argilominerais, através do uso de endurecedores de superfície, com a finalidade de corrigir fissuras e descolamento do revestimento devido ao excesso de pulverulência.

### 3 TRATAMENTO SUPERFICIAL DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Por mais de quatro décadas, os tratamentos de superfície têm sido utilizados em estruturas de concreto convencional e concreto armado, com o objetivo de aumentar a durabilidade das estruturas em que são aplicados. A adoção de proteção de superfície no concreto, que inibe a penetração de agentes agressivos por difusão e absorção de água contaminada, é um procedimento que primeiramente foi idealizado para tratar a superfície seca do concreto, sendo ele novo ou antigo, como também usado em pavimentos industriais (FRANZONI; PIGINO e PISTOLESI, 2013).

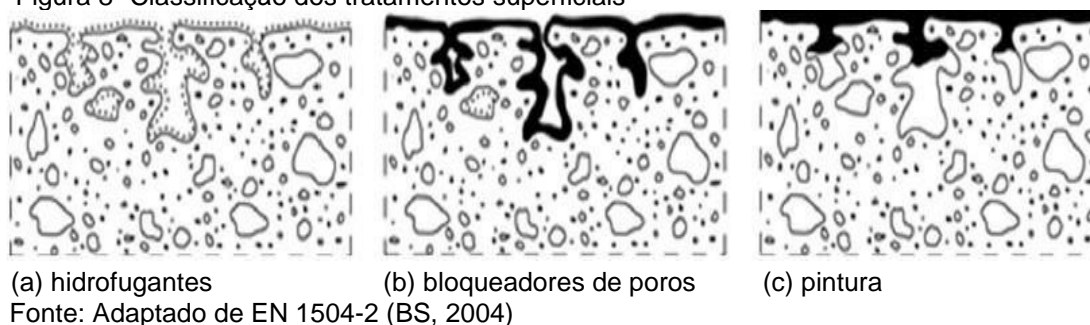
Assim, várias abordagens são aplicadas para fornecer proteção adicional para materiais contra degradação, que podem ser revestimentos de metal, resina epóxi e polímero para vergalhões de aço e inibidores de corrosão. O método eletroquímico normalmente é usado na realcalinização do concreto e no tratamento de superfície de concreto. É certo dizer que o tratamento superficial do concreto tem recebido maior aceitação devido à sua eficácia na prevenção da entrada de substâncias agressivas (PAN *et al.*, 2015).

De acordo com a composição química, os agentes de tratamento de superfície, podem ser classificados em duas categorias: tratamentos inorgânicos e orgânicos. Tratamentos de superfície orgânicos são os mais comumente usados devido ao seu bom efeito protetor. No entanto, existem preocupações sobre sua baixa resistência ao fogo, facilidade de rachadura e desprendimento, vida útil limitada e dificuldade de remoção após perder seus efeitos protetores (HANSSON; MAMMOLITI e HOPE, 1998).

O tratamento de superfície inorgânico mais comum é a solução de silicato de sódio (também conhecido como "vidro líquido"). Em uma extensão muito menor, também são usados silicatos de potássio, silicato de lítio e flúor-silicatos para tratamentos de superfície inorgânicas (PIGINO *et al.*, 2012).

Em termos de funções, os tratamentos de superfície são agrupados em três tipos, conforme ilustrado na figura 8, página seguinte, e estão classificados de acordo com a EN 15042 (BS, 2004) como hidrofugantes, bloqueadores de poros e pintura.

Figura 8- Classificação dos tratamentos superficiais



Desta forma, tem-se que: (a) produtos hidrofugantes produzem uma superfície repelente à água geralmente sem efeito de preenchimento dos poros; (b) bloqueadores de poros reduzem a porosidade da superfície ao preencher total ou parcialmente os poros da superfície da estrutura e (c) pinturas produzem uma camada protetora contínua (filme) ao longo da superfície do concreto (PIGINO *et al.*, 2012).

Cabe ressaltar que o foco deste estudo está no tratamento superficial do tipo bloqueadores de poros, que tem como produtos os endurecedores de superfície.

### 3.1 Endurecedores de superfícies

Os endurecedores de superfície são disponibilizados comercialmente em diferentes formulações, apresentando-se na forma líquida, como silicatos e flúor-silicatos, ou na forma sólida, como agregados minerais ou metálicos. De acordo com Bauer *et al.* (2002), esses endurecedores têm sido amplamente utilizados em pisos de concreto para aumentar sua resistência à abrasão. Sua aplicação pode ocorrer durante a execução do piso, por meio de aspersão de sólidos, ou após o endurecimento do concreto, utilizando a forma líquida, seguindo as recomendações específicas de cada fabricante.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), os endurecedores superficiais líquidos são geralmente compostos à base de flúor-silicato (zinco ou magnésio), ou silicato (sódio, cálcio ou potássio). Quando aplicados sobre concreto ou argamassas, esses endurecedores penetram nos poros superficiais e reagem com o hidróxido de cálcio, a cal livre e outras partículas solúveis presentes na pasta de cimento endurecida. Essa reação resulta na formação de cristais de alta dureza, que

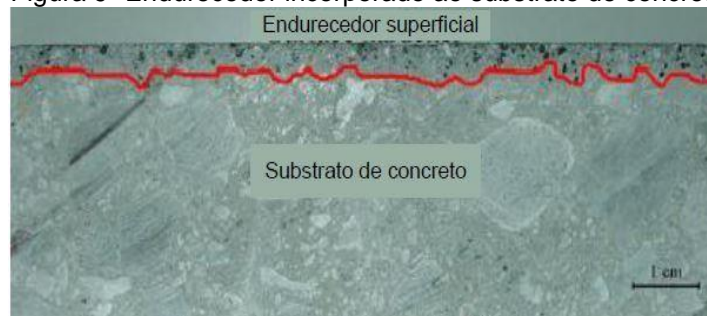
são mais resistentes e insolúveis. Como resultado, a superfície tratada se torna mais resistente a esforços de tração e abrasão, apresenta menor permeabilidade a líquidos e evita o desgaste superficial e a liberação de poeira. Essa aplicação dos endurecedores superficiais líquidos tem sido amplamente utilizada em pisos de concreto, podendo ser realizada durante a execução do piso ou em concreto já endurecido, seguindo as recomendações do fabricante.

Nos últimos anos, endurecedores de superfície à base de silicatos têm sido frequentemente usados na engenharia civil em edificações, em pontes e rodovias. Os endurecedores podem bloquear os poros capilares existentes na superfície do concreto e argamassas, de modo a aumentar a dureza e impermeabilidade da camada superficial das superfícies em que são aplicados, para aumentar a sua durabilidade (JIANG *et al.*, 2015).

Segundo Alexandre, Araújo e Oliveira (2010), a consolidação de revestimentos de argamassa (endurecedores de superfícies) foi muito realizada na conservação e restauração de fachadas argamassadas antigas, principalmente no continente europeu, a fim de restaurar a coesão perdida do referido material e, assim, aumentar sua resistência superficial.

Os endurecedores de superfícies são compostos químicos líquidos, que incluem componentes inorgânicos. Os endurecedores, em muitos casos, têm um aspecto leitoso ou incolor. Os principais endurecedores de superfície encontrados atualmente são, essencialmente, soluções aquosas de silicato de sódio e flúor-silicatos de magnésio e sódio, em menor uso, silicatos de potássio, lítio, magnésio e cálcio (BERTOLINI *et al.*, 2013).

Figura 9- Endurecedor incorporado ao substrato de concreto



Fonte: Adaptado de GARCÍA, FRESNO e POLANCO (2008)

A atuação desse material se caracteriza pela formação de uma cobertura espessa, conforme destacado pela linha vermelha (figura 9), portanto, a eficiência do incremento de resistência à abrasão está relacionada à profundidade de penetração desses endurecedores (RODRIGUES e MONTARDO, 2002; CHODOUNSKY e VIECILI, 2007).

### 3.1.1 Propriedades físico mecânicas

No que se refere às propriedades que podem ser melhoradas, o emprego de endurecedores líquidos promove maior resistência ao desgaste, maior resistência superficial, que envolve também um aumento da aderência à tração, e aderência superficial no que diz respeito aos revestimentos de argamassa. Além disso, o uso destes endurecedores propicia maior resistência à abrasão, preenchimento de fissuras e menor permeabilidade ao concreto, ocasionando a verificação dos pisos em profundidade que pode atingir até mais de 4 mm.

A resistência à abrasão é um bom indicador para avaliação da longevidade do concreto tratado com superfície sob cargas de tráfego repetitivas. Muitos dos tratamentos de superfície podem melhorar a resistência à abrasão da superfície do concreto (DANG *et al.*, 2014).

De acordo com os resultados obtidos, a resistência à abrasão do concreto tratado superficialmente tem a seguinte ordem: silicato de sódio > silicato de etila > nano-sílica. O silicato de sódio apresentou melhor efeito, pois pode formar uma camada protetora de notável espessura. Visto que as pesquisas acima usaram diferentes matrizes e métodos de teste, é difícil comparar os efeitos dos tratamentos de superfície em diferentes grupos. Assim, algumas pesquisas precisam ser conduzidas para identificar mais profundamente o tratamento de superfície antiabrasivo.

Devido ao surgimento de fissuras ao longo do tempo e aos diversos tipos de ataques que as estruturas de concreto sofrem, os endurecedores vêm sendo empregados para combater esse problema. Yoon (2012) descobriu que os revestimentos de polímero e o tratamento com endurecedores podem proteger o concreto que tem rachaduras com largura máxima de 0,06 mm. Sua combinação

contribui positivamente para o concreto com uma largura de fissura de cerca de 0,08 mm.

Alguns estudos foram realizados para investigar a resistência à fissuração de tratamentos de superfície. Martins *et al.* (2020) relataram que os endurecedores podem ser usados como método restaurador na presença de fissuras de 0,5 mm de largura.

Além disso, esses endurecedores são eficazes em reduzir o excesso de pulverulência no piso proveniente do próprio concreto devido ao desgaste. Este benefício pode ser utilizado também em revestimentos argamassados que sofrem desgaste superficial devido ao excesso de pulverulência, uma vez que o tratamento superficial gera uma nova camada na superfície do revestimento e evita esfarelamento (PICCOLI, SILVA e TOMASELLI, 1997).

Martins *et al.* (2020) elaboraram um estudo que faz um levantamento bibliométrico sobre as principais propriedades analisadas nos trabalhos científicos voltados ao uso de endurecedores de superfícies. Os artigos estudados apresentam diversos objetivos quanto à avaliação do tratamento superficial e tipo de agente endurecedor, exigindo ensaios específicos para caracterizá-los e buscar as respostas relacionadas aos objetivos propostos.

Ainda segundo Martins *et al.* (2020), de acordo com sua pesquisa, evidencia-se a necessidade de ensaios mecânicos voltados à camada superficial (dureza superficial, tensão superficial, impacto, risco e aderência) e térmicos (TG e DSC) que foram os que tiveram menor frequência. Em relação às avaliações microestruturais, tem-se a espectroscopia no infravermelho (FTIR) que pode ser mais explorada, pois traz resultados bastante relevantes para avaliação da atuação dos agentes em questão.

### 3.1.2 Avaliação microestrutural

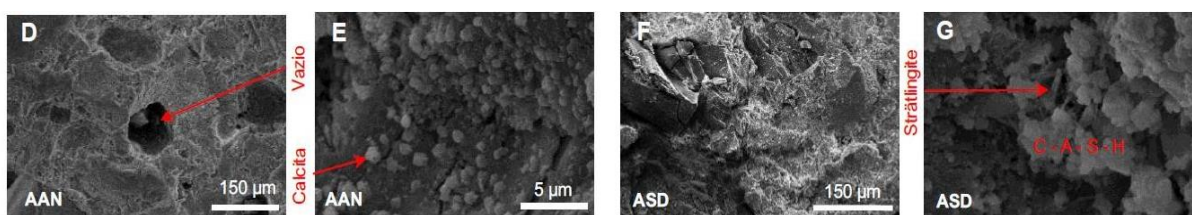
Song *et al.* (2010), em seu trabalho de exploração experimental dos mecanismos dos endurecedores à base de silicato de sódio, relatam que, para identificar a composição do elemento antes e depois do tratamento com o endurecedor à base de silicato de sódio, utilizaram um espectrômetro infravermelho de transformação de Fourier equipado com um acessório de amostragem de

refletância total atenuada universal, FTIR (Tensor 27, Bruker Optic GMBH, Alemanha), O FTIR foi usado para analisar a absorvância das mostras obtidas de seis amostras de referência impregnadas com produto à base de silicato de sódio modificado na faixa de número de onda de 400 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

Para comparar a composição do concreto antes e depois do tratamento com o selante à base de silicato de sódio, os corpos de prova preparados a partir de seis amostras de referência e seis amostras impregnadas foram moídas até uma finura  $<0,075$  mm e caracterizadas por difração de raios-X de pó usando um Shimadzu DRX-7000 (Shimadzu Corporation, Japão) operando a 40 kV / 30 mA (radiação Cu  $K\alpha$  com  $\lambda = 1,54184$  Å; faixa de varredura  $2\theta = 10-90^\circ$ ; tamanho da etapa  $2\theta = 0,020^\circ$ ; velocidade de varredura  $1^\circ / \text{min}$ .

Além das medições de FTIR e DRX (figura 10), foram realizadas, por meio de medições de TGA, análises para caracterizar a composição do concreto antes e depois do tratamento com o endurecedor à base de silicato de sódio. Jiang *et al.* (2015) em seu estudo experimental, utilizaram os corpos de prova em pó obtidos de seis amostras de referência e seis amostras impregnadas que foram investigados por meio de análise termogravimétrica (TGA/DSC1 STAR e System, Mettler Toledo, Suíça). As medições operaram de  $30^\circ\text{C}$  a  $1000^\circ\text{C}$  até  $30^\circ\text{C min}^{-1}$  sob uma atmosfera de nitrogênio inerte com uma taxa de fluxo de  $50 \text{ ml min}^{-1}$ .

Figura 10- Microestrutura das argamassas



Fonte: Adaptado de PIMENTEL e PAES (2019).

Para estudar os efeitos do endurecedor à base de silicato de sódio nas microestruturas dos elementos, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma ferramenta muito útil. Em seu trabalho, Song *et al.* (2010) analisaram as microestruturas de superfície para uma amostra de referência e outra amostra, impregnada com o selante de concreto à base de silicato de sódio, modificado foi examinada usando um microscópio eletrônico de varredura (JEOL-7401F, JEOL.,

Ltd., Japão) equipado com uma luz óptica (faixa de ampliação 525 – 24.000x) e um detector sensível a elétrons espalhados.

### 3.1.3 Silicatos de sódio

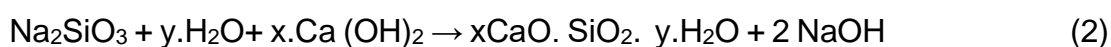
O silicato de sódio é utilizado na indústria do cimento para várias aplicações, tais como ativador de cimento de escória, como aditivo, protetor de fibras vegetais em compósitos de cimento, como endurecedor de superfície para pisos industriais e como sistema de proteção de superfície para concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Apesar de este grupo de tratamento ser conhecido há vários anos, existem poucas publicações técnicas e científicas sobre eles. Por outro lado, muitos produtos deste tipo são comercializados e indicados para a proteção de superfícies de concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008). De acordo com Thompson *et al.* (1997), existem três teorias sobre a ação dos silicatos no sentido de proteger a superfície do concreto. São elas:

- Precipitação de SiO<sub>2</sub> nos poros;
- Formação de um gel expansivo, dentro dos poros, similar ao formado na reação álcali silicato;
- Reação dos silicatos com o hidróxido de cálcio presente nos poros formando silicato de cálcio hidratado.

Esta última teoria é a mais aceita nas últimas décadas. Deste modo, teoricamente, os bloqueadores de poros são produtos compostos por silicatos, que penetram nos poros superficiais e reagem com a portlandita formando o gel de C-SH. O silicato de sódio é o produto mais usado para esse fim (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Novamente segundo Thompson *et al.* (1997), a equação (2) representa o que acontece quando a solução de silicato de sódio penetra nos poros do concreto.



Desse modo, o tratamento com endurecedores forma uma camada menos porosa na superfície da peça de concreto alterando a sua penetração de água. Como



a reação do tratamento é entre o silicato de sódio e a portlandita  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , é fácil compreender que, em estruturas carbonatadas, a reação acima não ocorre, já que na camada superficial o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  já reagiu com o  $\text{CO}_2$  e deu origem a carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

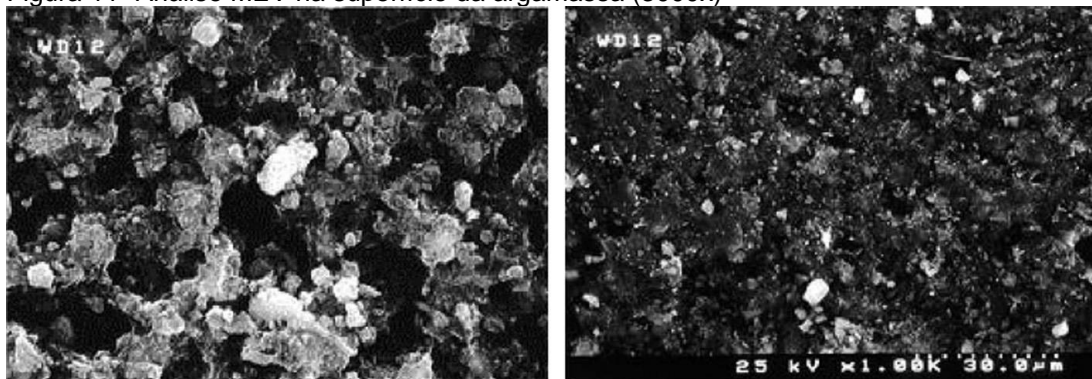
Em casos como esses, é necessário fazer uma impregnação com hidróxido antes da aplicação do silicato de sódio. Isto explica o fato de Kagi e Ren (1995) afirmarem que uma redução significativa da penetração de água no concreto ocasionada pelo tratamento com solução de silicato só é obtida se o concreto for muito novo e repetidas aplicações forem efetuadas.

Para Bauer *et al.* (2002), o tratamento consiste em impregnar a superfície seca do concreto ou de argamassa com uma solução diluída de silicato de sódio  $3\text{SiONa}_2\text{O}$ , ou de potássio  $\text{SiO}_2\text{K}_2\text{O}$ . A cal,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , procedente da hidratação do cimento é transformada em silicato de cálcio, que é mais duro e insolúvel.

Sendo assim, a formação do silicato insolúvel se dá pelo fato de que os íons  $\text{SiO}_4^{4-}$  contidos nos endurecedores a base de silicatos reagem com os íons solúveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  dentro da argamassa. Eventualmente, o silicato insolúvel atua como um micro enchimento, gerando uma microestrutura compacta e uma superfície densa como mostra a figura 9, na página 60 (MOON *et al.* 2007).

Alguns estudos também demonstraram que o tratamento com o silicato de sódio pode melhorar a durabilidade do concreto, especialmente depois de pós-tratamento de surfactante catiônico (sais de alquilo de amônio quaternário) (KUPWADE-PATIL *et al.*, 2012; MOON *et al.*, 2007).

Figura 11- Análise MEV na superfície da argamassa (3000x)



a) Controle

(b) Tratamento com silicato de cálcio

Fonte: Adaptado de Moon *et al.* (2007)

No entanto, Dai *et al.* (2010) mostraram que os silicatos de sódio dificilmente penetraram no substrato do concreto. Já Ibrahim *et al.* (1999) relataram que o tratamento com esses materiais não pode melhorar significativamente a resistência à entrada de água e íons cloreto. Além disso, a reação do silicato de sódio e do  $\text{Ca(OH)}_2$  geraria  $\text{NaOH}$ , o que aumentaria a probabilidade de reação álcali agregado (FRANZONI, PIGINO e PISTOLESI, 2012; DANG *et al.*, 2014).

### 3.1.4 Flúor-silicatos

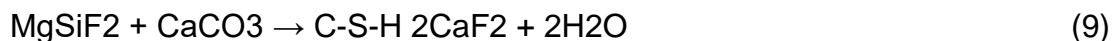
Ao contrário dos silicatos, os endurecedores à base de flúor-silicatos formam cristais menores e mais duros em relação aos silicatos de sódio, possuem alto grau de penetração e formam ligações químicas mais estáveis com a pasta cimentícia. De acordo com Oliveira e Tula (2006), esse tipo de endurecedor possui caráter permanente devido a essas características. Por isso, para esses autores, o componente ativo de eficácia mais comprovada é o flúor-silicato de magnésio.

A reação entre o flúor-silicatos e hidróxido de cálcio está descrita na equação abaixo.



Outra diferença interessante entre esses dois tipos de endurecedores químicos é que os produtos à base de silicatos de sódio reagem com o dióxido de carbono presente na atmosfera, formando o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), um sal instável e solúvel em água (equação 4 a 7). Já o flúor-silicato reage com os produtos de carbonatação (equação 4, 8 e 9), o  $\text{CaCO}_3$ , por exemplo, um cristal bastante estável (OLIVEIRA e TULA, 2006).

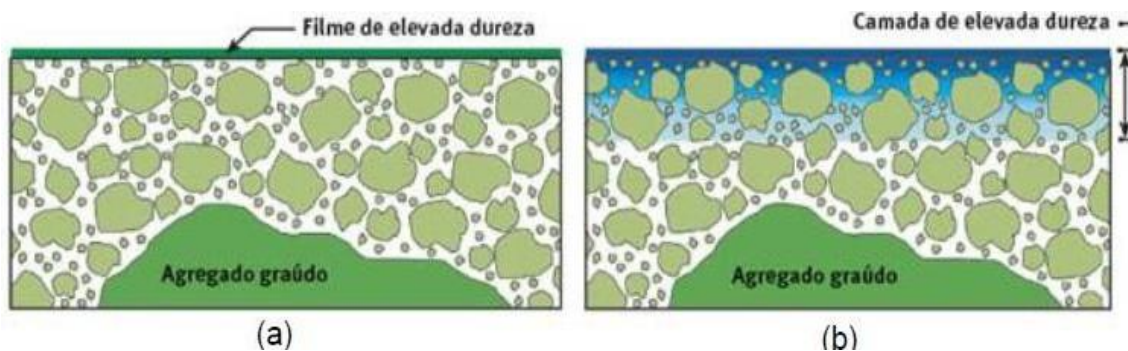




Os endurecedores de pisos de concreto à base de flúor-silicatos também proporcionam o aumento da resistência química do concreto tratado, sobretudo a óleo, graxa e sais orgânicos.

A figura 12 representa a eficiência do emprego de endurecedores líquidos em superfície de concreto quanto à formação de uma camada resistente e impermeável. Percebe-se que a aplicação de endurecedores à base de silicatos forma um filme de elevada dureza na superfície do material, enquanto os endurecedores à base de flúor-silicatos proporcionam uma camada mais espessa também de elevada dureza. (OLIVEIRA e TULA, 2006).

Figura 12- Atuação (a) endurecedores à base de silicatos e (b) à base de flúor-silicatos.



Fonte: OLIVEIRA e TULA, 2006

Em um estudo comparando a atuação de silicato de sódio, flúor-silicato de magnésio e sódio em estruturas de concreto, Pan *et al.* (2018) relatam que:

- A solução de flúor-silicato de magnésio a 20% teve melhor desempenho no aumento da dureza superficial e a solução de concentração de 30% foi ligeiramente menos eficaz do que a primeira;
- O tratamento de superfície com silicato de sódio pode não apenas reduzir significativamente o conteúdo de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , mas também aumentar o conteúdo de  $\text{CaCO}_3$  e produtos em gel. Além disso, pode reduzir a relação Ca / Si do cimento

endurecido na camada superficial. Ainda, o módulo de silicato de sódio também afetou a composição química do gel C-S-H e a morfologia da superfície externa;

- O efeito de bloqueio dos poros do tratamento combinado do uso de silicato de sódio e flúor-silicato de sódio foi muito mais significativo do que outros métodos de tratamento. O processo combinado não só reduziu significativamente o conteúdo de  $\text{Ca(OH)}_2$ , como não aumentou significativamente o conteúdo de  $\text{CaCO}_3$ .

Em argamassas se entende que tanto endurecedores líquidos à base de silicatos, quanto à base de flúor-silicatos, têm praticamente o mesmo desempenho quanto à eficiência de endurecimento e poder de penetração. A maior eficiência verificada para as matrizes mais porosas pode ser explicada em função da maior penetração do produto (BAUER *et al.*, 2002).

### 3.1.5 Silicatos de lítio

No que tange a aplicação do silicato de lítio, para endurecimento da superfície, proteção contra poeira e selagem da superfície, a reação química que ocorre entre o silicato, o cimento Portland e o hidróxido de cálcio é a mesma que ocorre com o silicato de sódio, porém, o tratamento com o silicato de lítio é diferente porque ele possui uma estrutura molecular bem menor que a do silicato de sódio, o que faz com que penetre no concreto mais profundamente e de maneira uniforme. Dessa forma, a reação não produzirá pontos fracos na superfície e será mais efetiva, evitando a sua deterioração e a conseqüente produção de poeira (PARAGUASSÚ, 2017).

O crescimento do uso dos endurecedores de silicato de lítio é considerável pelo motivo de o produto melhorar o processo de selagem e densificação do concreto, proporcionando uma penetração consistente na superfície do concreto e prevenir a reação álcali-sílica (RAS).

A reação álcali-sílica é um dos principais mecanismos de deterioração que afetam inúmeras estruturas de concreto em todo o mundo. Durante a reação, os íons hidroxila e de metal alcalino (sódio e potássio) reagem com certos compostos siliciosos no agregado, formando um gel higroscópico. O gel absorve água da pasta de cimento e incha, podendo levar à dilatação e fissuração deletéria da estrutura. Uma vez que o RAS é detectado em estruturas existentes, não há tratamentos para interrompê-lo e prolongar sua vida útil (PARAGUASSÚ, 2017).

O lítio, em particular, foi examinado como um bom agente mitigador para a reação álcali-sílica. Vários estudos focaram em matérias-primas como  $\text{LiNO}_3$  ou silicatos com suporte de lítio (DU e TAN, 2013). No caso dos silicatos de lítio, a liberação de lítio depende da superfície do vidro granulado. Vidros com água à base de lítio são usados como agente hidrofóbico, porque o uso de materiais hidratantes parece não ser adequado, mesmo que o uso de agentes portadores de lítio tenha efeitos positivos na durabilidade (ZAPA, 2018).

Outra característica importante é que esse tratamento pode ser executado tanto em um piso de concreto novo, quanto em um piso de concreto antigo que necessite de recuperação. Além disso, devido à erradicação da eflorescência, são evitadas as manchas brancas causadas pelo transporte de sais (PARAGUASSÚ, 2017).

Estão disponíveis no mercado vários produtos endurecedores de silicato de lítio. Devido ao seu custo mais elevado do que os de silicato de sódio e flúor silicatos, além de ser um material menos abundante e que necessite de um modo de aplicação mais complexo e criterioso, estes produtos têm sido utilizados em menor escala do que os demais endurecedores.

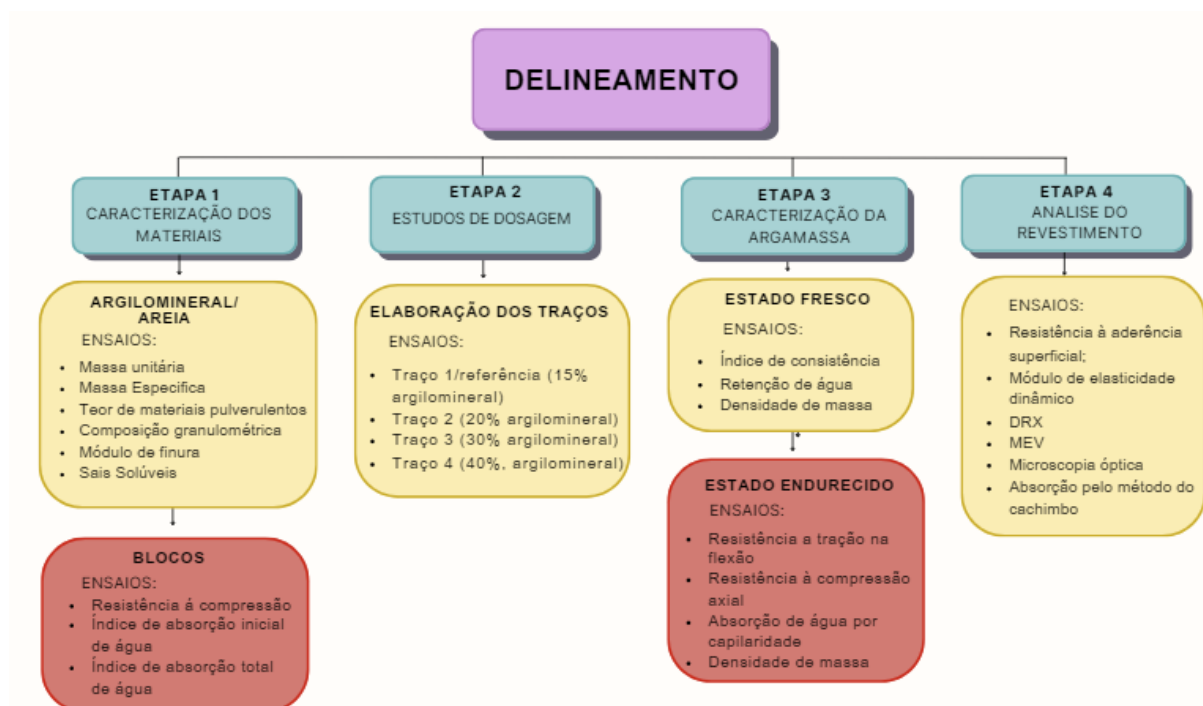
## 4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo apresenta o procedimento experimental para a realização da pesquisa, assim como os métodos, técnicas e observações para a caracterização dos materiais presentes no experimento. Desta forma, realizou-se inicialmente uma breve revisão da literatura para definir os parâmetros a serem utilizados para a caracterização dos materiais, a escolha dos endurecedores líquidos de superfície e a influência das propriedades com o desempenho do tratamento superficial proposto.

Todas as atividades referentes aos estudos foram desenvolvidas nos seguintes laboratórios: Laboratório de Construção e Estruturas (Timochenko); Centro Tecnológico de Argamassas (CETA), localizados na Escola Politécnica da UFBA; Laboratório de Catálise (LABCAT) pertencente ao Instituto de Química da UFBA; Laboratório de Múltiplas Análises (LABMULTI) localizado no Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CIENAM) da UFBA.

O fluxograma abaixo ilustra o delineamento do programa experimental.

Figura 13- Delineamento das atividades do programa experimental



Fonte: O autor

As etapas mostradas na figura 13, estão descritas a seguir:

- Etapa 1: caracterização físico-químico-mineralógica dos materiais necessários para o desenvolvimento deste estudo;
- Etapa 2: estudo de dosagem. Realizou-se um estudo de dosagem padrão para a formulação dos quatro tipos de traços das argamassas;
- Etapa 3: caracterização da argamassa no estado fresco, através dos ensaios, por índice de consistência, retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado. No estado endurecido se realizaram os ensaios de absorção de água por capilaridade, densidade de massa, resistência à tração na flexão e compressão axial;
- Etapa 4: análise do revestimento. Nos revestimentos com e sem aplicação do endurecedor de superfície, realizaram-se os ensaios mecânicos de resistência, de aderência à tração, resistência à aderência superficial, resistência ao risco, além da avaliação físico-químico-mineralógica através dos ensaios DRX, MEV e microscopia óptica.

#### **4.1 Análise estatística**

Tratou-se estatisticamente os dados obtidos dos ensaios de resistência à aderência (tração superficial) e de módulo de elasticidade por meio da análise de variância a partir do Teste de Kruskal-Wallis, usado para comparar mais de dois grupos independentes, de tamanho iguais ou não, com resposta variável de quantitativas (CORDER e DALE, 2011). Foi possível afirmar matematicamente se a variável tem alguma influência significativa sobre a propriedade analisada. A análise de variância dos resultados de aderência será apresentada no item 5.4.5.1.1 e a análise de variância dos módulos de elasticidade será apresentada no item 5.4.7.1.

#### **4.2 Materiais**

##### **4.2.1 Aglomerante**

Para a produção das argamassas se utilizou o cimento composto CP II F-32 (RS), pois este tipo de cimento apresenta uma taxa de filer calcário de até 10%.

#### 4.2.2 Agregados

A areia (agregado miúdo) utilizada na produção das argamassas foi coletada em Salvador - BA e RMS. Em relação aos argilominerais, foram coletados dois tipos de argilominerais em duas jazidas distintas de Salvador - BA e RMS.

#### 4.2.3 Blocos

Para a confecção dos painéis de alvenaria, optou-se pelo uso do bloco cerâmico de vedação com seis furos na horizontal, não estrutural e dimensões 9x19x19 cm (L x A x C).

#### 4.2.4 Endurecedores

Os endurecedores de superfície utilizados, foram obtidos por meio de seus respectivos fabricantes. A composição química dos endurecedores de superfície não é revelada pelos fabricantes. Apenas algumas características técnicas demonstradas na tabela abaixo.

Tabela 3- Características físicas fornecidas pelo fabricante

<b>Tipo/Base</b>	<b>Aparência</b>	<b>Odor</b>	<b>pH</b>
Tipo 1/ Silicato	Líquido transparente	Inodoro	12,0
Tipo 2/ Flúor-silicato	Líquido transparente	Inodoro	2,5
Tipo 3/ Silicato de sódio alcalino	Líquido transparente	Inodoro	-
Tipo 4/ Impregnação acrílica, base água	Líquido branco leitoso	-	7,5

Fonte: O autor

Os quatro produtos endurecedores de superfície utilizados são compostos de propriedades físico-químicas distintas.

O endurecedor tipo 1 usado nessa pesquisa é uma solução aquosa à base de silicatos que pode ser aplicado sobre o piso de concreto logo após seu acabamento, com a finalidade principal de endurecer a superfície, servindo paralelamente como auxiliar de cura do concreto, aumentando a impermeabilidade do piso e a resistência



à abrasão. Pode também ser aplicado em pisos de concreto já curado que apresentem baixa resistência superficial (soltando pó).

O tipo 2 é uma solução transparente à base de flúor-silicato de magnésio, destinado para aplicação em piso de concreto com a finalidade principal de endurecer a superfície, aumentando a impermeabilidade, a resistência à abrasão e evitando a formação de pó. Ele reage quimicamente com substâncias do concreto formando cristais de alta dureza e insolúveis na porosidade do concreto.

O tipo 3 é silicato de sódio alcalino, um aditivo líquido, pronto para uso, à base de sais inorgânicos de silício e flúor, desenvolvido especialmente para o endurecimento de pisos cimentícios e rebocos enfraquecidos, que penetra nos poros da superfície a ser tratada, selando e aumentando sua resistência, como um cimento líquido.

O tipo 4 é uma impregnação acrílica, à base de água, pronta para uso, para ser utilizado no tratamento de superfícies porosas, tais como: emboço, reboco e pedras naturais. Atua como: selador, promovendo economia no consumo de tinta; fundo preparador, potencializando a aderência da tinta; eficaz impermeabilizante que previne contra mofo, bolor e eflorescência.

Figura 14- Tambores dos quatro tipos de endurecedor



Tipo 1

Tipo 2

Tipo 3

Tipo 4

Fonte: O autor

#### 4.2.5 Água

A água utilizada é proveniente da rede de abastecimento da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em Salvador, para produção dos aglomerantes.

### 4.3 Etapas de desenvolvimento do programa experimental

Para contemplar os objetivos propostos neste trabalho, desenvolveu-se um programa experimental com quatro etapas, a fim de se obter um melhor delineamento de processos e disposição dos ensaios.

#### 4.3.1 Etapa 1 - Caracterização dos materiais

##### 4.3.1.1 Aglomerantes

Os dados referentes às caracterizações físicas, químicas e mecânicas do cimento foram obtidos junto ao fabricante.

##### 4.3.1.2 Agregados

Os parâmetros obtidos pela caracterização física da areia e do argilomineral (arenoso) utilizados nas argamassas produzidas em laboratório constam a seguir:

Tabela 4- Ensaios a serem realizados no agregado miúdo natural

<b>Propriedades (NBR 7211)</b>	<b>Método</b>
Massa específica	NBR NM 52 (2009)
Massa unitária	NBR NM 45 (2006)
Material pulverulento	NBR NM 46 (2003)
Composição granulométrica	NBR NM 248 (2003)
Modulo de finura	NBR NM 7211 (2009)

Fonte: O autor

Além disso, realizaram-se as análises mineralógicas e de composições químicas para os argilominerais conforme o resumo na próxima tabela:

Tabela 5- Análises para os argilominerais

<b>Técnica</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Equipamento/ Laboratório</b>
Difração de Raio X (DRX)	Análise cristalográfica qualitativa dos argilominerais para a identificação das fases mineralógicas dos argilominerais	XRD-6000 Shimadzu/ LabCat/UFBA

Fonte: O autor

As amostras foram analisadas na forma de pó em suportes de polipropileno com diâmetro de 5 mm, vedados com filme de polipropileno de 5 µm de espessura. Os ensaios foram realizados em triplicatas e os espectros foram coletados sob vácuo.

#### 4.3.1.3 Blocos

Para os blocos cerâmicos, realizou-se uma inspeção visual para evitar que a amostra recebida apresentasse defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações. Para a caracterização dos mesmos, realizaram-se os ensaios de índice de absorção d'água, área líquida e índice de absorção inicial, conforme os requisitos da norma NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

#### 4.3.2 Etapa 2 - Estudo de dosagem

Utilizou-se um traço de referência, usado para formulação de argamassas com adições de argilominerais, estabelecido pela metodologia de Gomes e Neves (2002), que é adotada pelo CETA. Fixou-se para o traço referência um teor máximo de finos (<0,075 mm) do agregado de 7%, em condição desejável e isenta de problemas patológicos.

Com objetivo de encontrar uma argamassa que contivesse fissuras e descolamento por pulverulência nos revestimentos, foram desenvolvidos os traços com variações do teor máximo de finos do agregado. Dessa forma, houve uma variação de quatro percentuais, descritos a seguir.

- Traço 1: variação de 15% do teor de argilominerais;
- Traço 2: variação de 20 % do teor de argilominerais;
- Traço 3: variação de 30 % do teor de argilominerais;
- Traço 4: variação de 40 % do teor de argilominerais.

Decorrente disso, obteve-se um traço adequado e três traços inadequados para os resultados desejados quando aplicados em paredes-teste.

### 4.3.3 Etapa 3 - Caracterização da argamassa

#### 4.3.3.1 Estado fresco

Determinou-se o índice de consistência utilizando uma mesa de consistência (*flow table*), representada na figura 15, por meio da medição do espalhamento horizontal da argamassa no estado fresco, conforme as recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005).

Figura 15- Mesa de consistência



Fonte: O autor

Encontrou-se o valor da retenção de água da argamassa conforme as prescrições da NBR 13277 (ABNT, 2005), no qual se utilizou um funil de Buchner modificado, de 200 mm de diâmetro, com uma bomba a vácuo.

O método de ensaio para a determinação da densidade de massa no estado fresco é normatizado pela NBR 13278 (ABNT, 2005). Executou-se o ensaio utilizando um recipiente cilíndrico rígido, não absorvente e calibrado, com capacidade aproximada de 400 cm<sup>3</sup>. Para encontrar a densidade no estado endurecido da argamassa, foram utilizados os mesmos corpos de prova posteriormente ensaiados para avaliar a resistência à tração na flexão na idade de 28 dias. Este ensaio seguiu as recomendações da NBR 13280 (ABNT, 2005), na qual se prevê que as medidas de cada corpo de prova sejam aferidas com auxílio de um paquímetro para calcular o volume.

#### 4.3.3.2 Estado endurecido

Os ensaios de resistência à tração na flexão foram realizados em quatro corpos de prova prismáticos de 4 x 4 x 16 cm (L x H x C) e foram curados durante 28 dias em temperatura ambiente. Seguindo as prescrições da NBR 13279 (ABNT, 2005), na face de rasamento e na oposta (face correspondente ao fundo da forma), foram realizadas linhas a 30 mm nas extremidades dos corpos de prova, para marcar a posição onde estes seriam apoiados na máquina e, em seguida, mais uma marca de 50 mm sinalizando local de aplicação da carga. Obtiveram-se os valores por meio da prensa elétrica servo controlada, com capacidade de 20 toneladas para argamassa, da marca Contenco.

Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados na idade de 28 dias com as metades dos corpos de prova do ensaio de flexão e aplicação de uma força de  $500 \pm 50$  N/s, de acordo com a norma NBR 13279 (ABNT, 2005).

Em relação à absorção de água por capilaridade, neste ensaio se avaliou a velocidade de penetração da água por sucção capilar, através do ganho de massa dos corpos de prova em função do tempo. Usou-se o método preconizado pela NBR 15259 (ABNT, 2005), que recomenda a avaliação de três exemplares na idade de 28 dias.

Para encontrar a densidade de massa no estado endurecido da argamassa, foram utilizados os mesmos corpos de prova posteriormente ensaiados para avaliar a resistência à tração na flexão na idade de 28 dias. Este ensaio seguiu as recomendações da NBR 13280:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido), na qual se recomenda que as medidas de cada corpo de prova sejam aferidas com auxílio de um paquímetro para calcular o volume. Os corpos de provas foram pesados em uma balança com resolução de 0,1 g e a densidade expressa em  $\text{kg/m}^3$ .

Com a finalidade de simular o comportamento do sistema de revestimento de argamassa e cerâmico em uma edificação, como também com o intuito de projetar o comportamento e ensaiar as argamassas em seu estado endurecido, se construiu três painéis com área de aproximadamente  $1,20 \text{ m}^2$ .

Para controlar algumas variáveis, além de auxiliar na ergonomia para o trabalho do profissional, construiu-se um suporte de fixação (figura 16) para cada painel.

Figura 16- Suporte de fixação dos painéis



A) Suporte com apoio

Fonte: composição feita pelo autor

B) Detalhe vista superior

Construiu-se o suporte de fixação com elementos metálicos, cantoneiras, chapas, e perfis, parafusos, porcas e barras roscadas. Sendo que, na representação em a), usou-se blocos de concreto como apoio para melhoria da estabilidade e as cantoneiras com 1,20 m foram inseridas para garantir a uniformidade da espessura do revestimento. O detalhe b), na figura 16, demonstra a vista superior: as barras roscadas unidas às cantoneiras para limitar a altura do painel e espessura do revestimento.

Figura 17- Execução da alvenaria



A) Alvenaria completa

Fonte: composição feita pelo autor

B) Detalhe da barra metálica

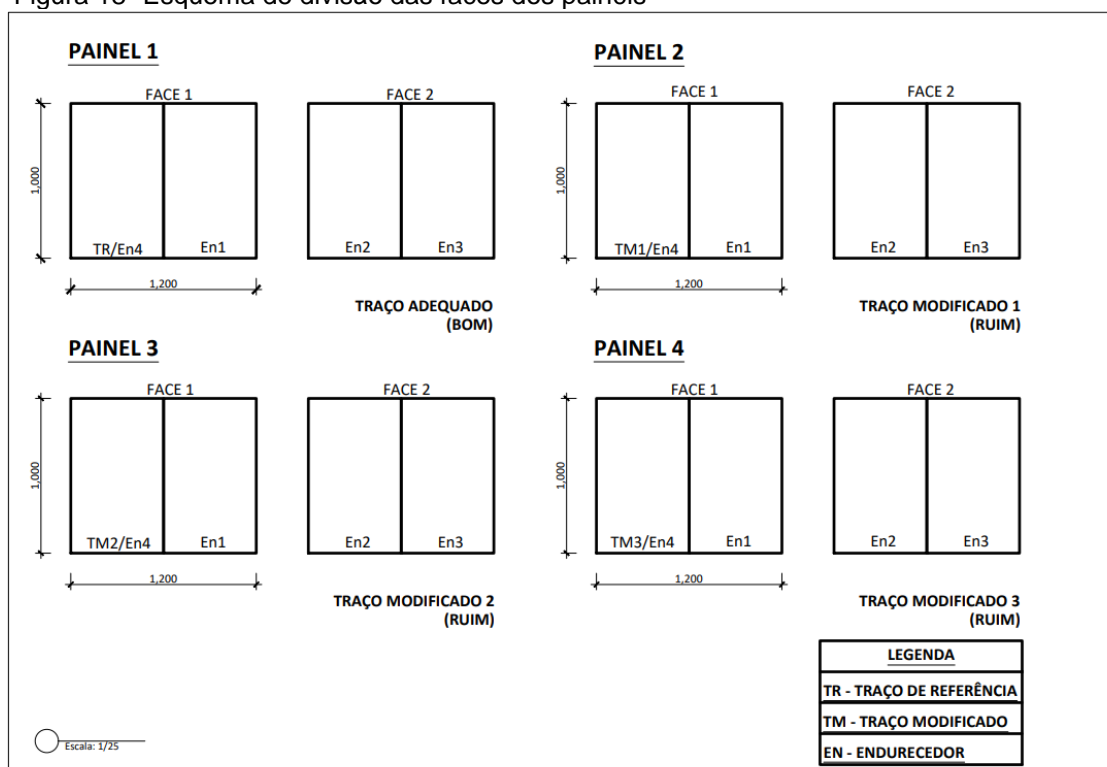
A execução da alvenaria do painel (figura 17) ocorreu com base em alguns parâmetros construtivos:

- Instalação de barras metálicas para garantir a estabilidade lateral da alvenaria (figura 17b);
- Espessura com cerca de 10 mm;
- Utilização de argamassa de assentamento industrializada;
- Instalação de pinos visando auxiliar na uniformidade da espessura do reboco.

Em relação ao revestimento, produziu-se a argamassa em uma betoneira com capacidade de 120 litros, além disso, o revestimento de argamassa foi realizado de forma manual (convencional) com duas camadas.

Dividiu-se a área do painel de acordo com o tipo de endurecedor e tipo de traço de argamassa (figura 18).

Figura 18- Esquema de divisão das faces dos painéis



\*Medidas em m

Fonte: O autor

Conforme é possível notar, o painel tem altura de 1 m e largura de 1,20 m, dividiu-se cada face pela metade da sua largura, de modo a constituir quatro faces

para cada painel. Nos painéis 2, 3, 4, foram usados traços com teor de finos acima do método padronizado por Gomes e Neves (2002), por isso foram classificados como traços inadequados (ruins).

Cabe destacar novamente que foram utilizados quatro tipos de traço para se obter um parâmetro razoável de comparação entre as amostras. Dessa forma, nas quatro faces do painel 1 se empregou o traço de referência de revestimento de argilomineral da seguinte maneira: na face 1, sem tratamento de qualquer tipo de endurecedor e nas faces 2, 3, 4 com tratamentos de três tipos diferentes de endurecedor. Em consequência disso, as nomenclaturas A1, A2, A3 e A4 se referem, respectivamente, aos traços 1, 2, 3 e 4, produzidos com o argilomineral.

O espaço destinado ao endurecedor do tipo 1, recebeu o traço 1, com revestimento tratado com o endurecedor sinalizado. Com isso, realizou-se a comparação da face em que está aplicado o endurecedor no revestimento com o traço 1 à face que continha apenas o revestimento sem tratamento.

Decorrente disso, foi possível observar se houve melhora ou diminuição do desempenho do tratamento para cada tipo de endurecedor. Esse mesmo procedimento foi seguido nos painéis 2, 3 e 4.

Por fim, no painel 1, as quatro faces receberam apenas o revestimento argamassado com o traço de referência, que foi comparado entre os traços inadequados, com e sem tratamento com os tipos de endurecedores de superfícies.

#### 4.3.4 Etapa 4 - Análise dos revestimentos

Neste estudo realizou-se o ensaio de aderência de acordo com a norma NBR 15258 (ABNT, 2005), que descreve o método de ensaio da resistência de aderência à tração para revestimentos de paredes e tetos. Sendo assim, utilizou-se um equipamento de tração (dinamômetro) responsável por aplicar um carregamento axial de tração ao corpo de prova, por meio de um gancho rotulado conectado a um orifício cortado com serra copo da pastilha metálica previamente colada ao revestimento. As argamassas foram aplicadas em um substrato padrão, para ensaiar seis corpos de prova de seção circular, com diâmetro de 5 cm realizados com uma serra copo e arrancados com equipamento de tração específico na idade de 80 dias.



Para determinar a aderência superficial pelo ensaio de aderência à tração, de revestimentos de argamassa aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos não metálicos, usou-se a metodologia estabelecida pela NBR 135283 (ABNT, 2019). Realizou-se cada determinação ensaiando 12 corpos de prova de características idênticas (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, idade do revestimento). Fez-se a distribuição dos corpos de prova no painel revestido de forma aleatória. Os pontos de arrancamento foram espaçados entre si, além dos cantos e das quinas, em, no mínimo, 50 mm.

Realizou-se a análise químico-mineralógica de acordo com os seguintes ensaios resumidos na tabela abaixo.

Tabela 6- Ensaios de caracterização químico-mineralógica

<b>Técnica</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Equipamento/Laboratório</b>
Difração de Raio X (DRX)	Análise cristalográfica qualitativa dá para a identificação das fases mineralógicas devido ao tratamento	XRD-6000 Shimadzu/ LabCat/UFBA
Microscopia eletrônica por varredura (MEV)	Análise das alterações da morfologia devido ao tratamento	S3400N da Brukker/ Labmulti/UFBA
Microscopia óptica	Profundidade de penetração dos endurecedores no revestimento	UEFS

Fonte: O autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracterizações dos materiais

Nesta pesquisa, foram utilizados materiais comuns na execução de revestimentos em argamassa: cimento Portland, areia natural, argilomineral, aditivo e endurecedores. Esses materiais foram escolhidos por serem amplamente utilizados e facilmente adquiridos na região de Salvador, onde a pesquisa foi realizada. A seleção do aditivo e dos endurecedores foi baseada em referências bibliográficas e disponibilidade junto aos fabricantes. A caracterização desses materiais foi fundamental para compreender as propriedades e desempenho das argamassas de revestimento estudadas.

#### 5.1.1 Aglomerante

A composição física e química do cimento foi fornecida pelo fabricante e pode ser observada na tabela 7. Nota-se que o cimento atende às exigências químicas da NBR 11578:1997 (Cimento Portland).

Tabela 7- Caracterização físico, química e mecânica do cimento CP II F-32 (RS)

<b>Propriedades Químicas</b>	<b>Valor médio</b>	<b>ABNT NBR</b>
Perda ao fogo (%)	11,38	≤ 12,5
Resíduo insolúvel (%)	4,23	≤ 7,5
SO <sub>3</sub> (%)	3,25	≤ 4,5
<b>Propriedades Físicas e Mecânicas</b>	<b>Valor médio</b>	<b>ABNT NBR</b>
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	3,01	-
Área específica (cm <sup>2</sup> /g)	5132	≥ 2600
Finura - #325 (%)	7,91	N/A
Finura - #200 (%)	1,41	≤ 12,0
Expansibilidade a quente (mm)	1,30	≤ 5,0
Início de pega (min)	191	≥ 60
Fim de pega (min)	258	≤ 600
Água da pasta de consistência (%)	26	N/A
<b>Resistência à Compressão (MPa)</b>	<b>Valor médio</b>	<b>ABNT NBR</b>
3 dias	23,5	≥ 10,0
7 dias	28,5	≥ 20,0
28 dias	36,7	≥ 32 ≤ 49,0

Fonte: O autor

### 5.1.2 Blocos

As características avaliadas foram as geométricas e as visuais, as propriedades foram físicas e mecânicas. A caracterização geométrica compreende a verificação das medidas das dimensões da espessura das paredes externas e dos septos, planeza das faces e desvio em relação ao esquadro, conforme norma NBR 15270-2 (ABNT, 2017).

Para a determinação das características geométricas, foram utilizados três blocos retirados aleatoriamente do lote recebido. Limpou-se cada bloco e as rebarbas das faces, paredes e septos foram aparadas com auxílio de espátula. Em seguida, com uso do paquímetro, do esquadro e da régua metálica, mediram-se comprimento, altura, largura e espessura das paredes e dos septos, planeza das faces e desvio em relação ao esquadro.

Para cada dimensão geométrica, foram realizadas duas medidas, enquanto para as espessuras, foram feitas medidas do valor obtido, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 8- Características geométricas dos blocos cerâmica

Corpo de Prova	DIMENSÕES EFETIVAS DOS BLOCOS			Espessuras (mm)		Desvios (mm)	
	(L)	(H)	(C)	Parede	Septos	Esquadro	Planeza
Bloco 1	90	189	243	6	6	1	2
Bloco 2	87	191	243	7	6	2	2
Média das dimensões	89	190	243	7	6	2	2
Valor especificado	90 ± 5	190 ± 5	240 ± 5	≥ 7 mm	≥ 6 mm	≤ 3 mm	≤ 3 mm
	mm	mm	mm				
	90 ± 3	190 ± 3	240 ± 3				
	mm	mm	mm				

Legenda: (L) – Largura; (H) – Altura; (C) – Comprimento

Fonte: O autor

As propriedades físicas dos blocos compreendem a massa seca e a absorção de água por imersão. Para a determinação da massa seca, selecionaram-se aleatoriamente dois corpos de prova para serem colocados em estufa com temperatura controlada de 105°C (+2) por 24 horas.

Em seguida, mergulharam-se os blocos no tanque com água por 24 horas e foram pesados novamente, com o objetivo de obter a massa saturada para o cálculo da absorção de água.

Tabela 9- Valores massa seca e a absorção de água inicial e absorção total por imersão

Corpo de prova	Massas de amostra(g)			Índice de absorção inicial de água – AA((g/195,55cm <sup>2</sup> ) /min)	Índice de absorção total de água – AA (%)
	Seca (Ms)	Úmida (Mu)	Saturada (Msat)		
Bloco 1	2691,1	2710,0	3087,8	16,7	14,7
Bloco 2	2631,3	2654,6	2988,5	21,3	13,6
<b>Média</b>				19,0	14,1
<b>Valor especificado</b>				AAI ≤ 30	8% ≤ AA ≤ 22%

Fonte: O autor

Para análise da característica mecânica, realizou-se o teste de resistência à compressão. Inicialmente, fez-se o capeamento dos corpos de prova com pasta à base de cimento e água nas faces de assentamento. Espalhou-se, em mesa plana, untada com óleo mineral, a pasta com espessura máxima de 3 mm da massa aplicada. Em seguida, com o auxílio do nível, regulou-se o bloco, a fim de manter o paralelismo das faces capeadas, e esperou-se endurecer por 24 horas, repetindo-se o procedimento na outra face. Posteriormente, imergiu-se em água novamente (24h) para se obter a pior situação para o rompimento.

Tabela 10- Valores das resistências a compressão

Corpo de prova	Resistência à compressão (MPA)
Bloco 1	2,8
Bloco 2	2,0
Bloco 3	3,0
<b>Valor</b>	Resistência ≥ 1.5 MPA

Fonte: O autor

### 5.1.2 Agregado miúdo

A areia (agregado miúdo) utilizada na produção das argamassas foi coletada em Salvador-BA e RMS. A tabela a seguir demonstra a composição desse agregado.

Tabela 11- Composição granulométrica da areia

<b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>						
<b>Peneira</b>	<b>1ª Determinação</b>		<b>2ª Determinação</b>		<b>% Retida Média</b>	<b>Acumulado (%)</b>
	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>		
4,75 mm	0,6	0,12	0,8	0,16	0,14	0,14
2,36 mm	3,4	0,68	3,1	0,62	0,65	0,79
1,18 mm	26,2	5,25	26,2	5,25	5,25	6,04
600 µm	184,5	36,95	173,1	34,65	35,80	41,84
300 µm	208,1	41,68	207,6	41,56	41,62	83,46
150 µm	66,1	13,24	75,8	15,18	14,21	97,67
FUNDO	10,4	2,08	12,9	2,58	2,33	100,00
TOTAL	499,3	100,00	499,5	100,00	100,00	

Massa Inicial = 500g  
 Dimensão Máxima = 2,36mm  
 Módulo de Finura = 2,30

Fonte: O autor

As características físicas do agregado miúdo foram avaliadas e registradas da seguinte forma: a composição granulométrica foi analisada de acordo com a norma NBR NM 248:2003, incluindo informações sobre granulometria, dimensão máxima característica e módulo de finura, conforme a tabela a seguir demonstra.

Tabela 12- Caracterização da areia

<b>Característica</b>	<b>Normas</b>	<b>Argilomineral</b>
Massa unitária em estado solto (kg/dm <sup>3</sup> )	NBR NM 45:2006	1,68
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	NBR NM 52:2009	2,60
Materiais Pulverulentos (%)	NBR NM 46:2003	3,93

Fonte: O autor

Ainda, determinou-se a massa por unidade de volume no estado solto de acordo com a norma NBR NM 45:2006; mediu-se a massa específica conforme a norma NBR NM 52:2009; quantificou-se o teor de materiais pulverulentos utilizando a norma NBR NM 46:2003.

### 5.1.3 Argilomineral

Em relação ao argilomineral, o arenoso foi coletado em jazida de Salvador-BA e RMS. A tabela a seguir apresenta a composição granulométrica da areia.

Tabela 13- Composição granulométrica do arenoso

<b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>						
<b>Peneira</b>	<b>1ª Determinação</b>		<b>2ª Determinação</b>		<b>% Retida Média</b>	<b>Acumulado (%)</b>
	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>		
4,75 mm	0,6	0,12	1,2	0,24	0,18	0,18
2,36 mm	1,9	0,38	1,8	0,36	0,37	0,55
<b>Peneira</b>	<b>1ª Determinação</b>		<b>2ª Determinação</b>		<b>% Retida Média</b>	<b>Acumulado (%)</b>
	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>	<b>Massa</b>	<b>% Retida</b>		
1,18 mm	12,7	2,54	10,8	2,16	2,35	2,90
600 µm	74,6	14,93	82,4	16,50	15,71	18,62
300 µm	218,9	43,8	237,6	47,58	45,69	64,30
150 µm	138,3	27,67	129,8	25,99	26,83	91,14
FUNDO	52,8	10,56	35,8	7,17	8,86	100,00
TOTAL	499,8	100	499,4	100,00	100,00	

Massa Inicial = 500g  
 Dimensão Máxima = 1,18mm  
 Módulo de Finura = 1,78

Fonte: O autor

Determinou-se massa por unidade de volume no estado solto também de acordo com a norma NBR NM 45:2006; mediu-se a massa específica conforme a norma NBR NM 52:2009; quantificou-se o teor de materiais pulverulentos utilizando a norma NBR NM 46:2003.

Tabela 14 – Caracterização do arenoso

<b>Característica</b>	<b>Normas</b>	<b>Argilomineral</b>
Massa unitária em estado solto	NBR NM 45:2006	1,26
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	NBR NM 52:2009	2,62
Materiais Pulverulentos (%)	NBR NM 46:2003	22,15

Fonte: O autor

### 5.1.3.1 Análise química e mineralógica

#### 5.1.3.1.1 Sais solúveis

Apesar da falta de especificações para os teores de cloretos, nitratos e sulfatos em areia e adições destinadas à argamassa de revestimento, esta abordagem tem como objetivo estabelecer limites no futuro, a fim de garantir a qualidade das argamassas de revestimento. Os ensaios foram conduzidos no NTPR (Núcleo de

Tecnologia da Preservação e Restauração) da Escola Politécnica da UFBA (Universidade Federal da Bahia).

Após a análise das amostras, não se detectou a presença de nitratos e sulfatos, tornando desnecessária a determinação quantitativa desses sais. Portanto, a tabela abaixo apresenta apenas os teores de cloreto obtidos.

Tabela 15- Determinação quantitativa e qualitativa de sais solúveis no arenoso e na areia

Sais solúveis	Amostras	
	Arenoso	Areia
Nitrato	-	-
Cloreto	+	+
Sulfato	-	-

**Legenda:** - = ausência; + = pequena quantidade

Fonte: O autor

#### 5.1.3.1.2 Análise da composição por difratometria de raios-x (DRX)

O estudo realizado por Ribeiro (1991), investigou a mineralogia dos solos de Salvador por meio de difratometria de raio-X. Os resultados revelaram que a camada que cobre a formação de barreiras apresenta minerais como caulinita, quartzo, haloisita, goetita, hematita, gibsita e mica. Essa mineralogia se assemelha à fração fina dos agregados arenosos utilizados nas argamassas de revestimento em Salvador. A descoberta indica uma relação entre a composição dos solos e a dosagem dos materiais utilizados nas argamassas. Compreender a mineralogia dos solos é fundamental para avaliar as propriedades e o desempenho das argamassas de revestimento na região.

A técnica de difratometria de raios-X (DRX) possibilita a identificação dos componentes mineralógicos predominantes em uma amostra de argamassa. Isso é feito se analisando a correlação entre o espectro de difração resultante da incidência de raios-X na estrutura cristalina do material e a natureza química e cristalográfica do composto.

## 5.2 Estudo de dosagem

A produção da argamassa referência se baseou na metodologia Gomes e Neves (2002). Foi importante ter um aditivo plastificante, incorporador de ar e regulador de pega para argamassas de rebocos, emboços, compostos de cimento, areia e adições (saibro, arenoso etc.). Usou-se uma quantidade de 0,15% a 0,20% em relação à massa de cimento.

Com o objetivo de encontrar uma argamassa que obtivesse uma superfície com elevada pulverulência para avaliação da resistência de aderência superficial após tratamento com os endurecedores, foram realizados estudos de argamassa com argilomineral com diferentes traços. Obteve-se o primeiro traço, considerado adequado, seguindo a referida metodologia de Gomes e Neves (2002). Os demais traços foram considerados inadequados devido ao alto teor de argilominerais. Todos os traços foram desenvolvidos, seguindo os parâmetros de dosagem do CETA – Centro Tecnológico da Argamassa.

Calculou-se a quantidade individual da areia e se mediu a da adição de argilominerais por tentativas em função do teor de finos, que corresponde à percentagem de material que passa na peneira com abertura de malha de 0,075 mm (# 200).

Depois se verificou o teor de finos, que deve atender o limite máximo de 7% com a proporção de 35% da adição, através da seguinte inequação:

$$0,65 \times \% F \text{ areia} + 0,35 \times \% F \text{ adição} \leq 7 \quad (1)$$

De modo que:

- a)  $\% F \text{ areia} = \% \text{ da areia que passa na peneira } \# 200$
- b)  $\% F \text{ adição} = \% \text{ da adição que passa na peneira } \# 200$

Se 1 for maior que 7, deve-se aumentar a proporção da areia e diminuir a da adição, substituindo-se os valores de 0,65 e 0,35, cuja soma seja sempre igual a 1, até se obter valores que satisfaçam a inequação. Neste caso, a quantidade da adição em relação à massa de agregado corresponde a "p", valor que substitui 0,35 e a de areia ao valor (1 - p).

Com base nessas informações, para atender os limites de teor de finos, obteve-se o valor de 15% como base para atender o traço principal.



Considerando o consumo de cimento de 190 kg/m<sup>3</sup> (Cc) conforme a recomendação da tabela dos parâmetros de dosagem do CETA, adotou-se a quantidade de água de 275 L/m<sup>3</sup> e 0,15 % de aditivo incorporador de ar, em relação à massa de cimento com aditivo para obter a redução da proporção de argilominerais no teor de agregados de modo a manter a trabalhabilidade da argamassa de revestimento. Vale mencionar que este teor de aditivo resultou da condição de se ter uma coesão adequada, com a menor parcela de adição, e de não se ultrapassar a marca de 17% do teor de ar incorporado na argamassa.

Já os demais traços foram concebidos sem aditivo, pois têm uma elevada percentagem de argilomineral. Os traços desenvolvidos com argilomineral (cimento: areia: argilomineral: a/c) são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 16- Os traços desenvolvidos

Argamassa	Traços em massa (c: a: arg: a/c)	Traços em volume (c: a: arg: água: ad)	Tipo de argamassa	Referência para execução do traço
Argamassa 1 (Arg.1)	1: 6,3: 1,2: 1,3: 0,2	50: 188: 48: 65: 0,2	15% de Argilomineral/ com aditivo	Gomes e Neves (2002)
Argamassa 2 (Arg.2)	1: 6: 1,5: 1,6	50: 179: 60: 80	20% de Argilomineral	Autor
Argamassa 3 (Arg.3)	1: 5,2: 2,3: 1,7	50: 155: 91: 85	30% de Argilomineral	Autor
Argamassa 4 (Arg.4)	1: 4,5: 3,0: 1,8	50: 134: 119: 90	40% de Argilomineral	Autor

**Legenda:** (c: a: are: a/c: ad) = (cimento: areia: argilomineral: a/c: aditivo);  
(c: a: are: água: ad) = (cimento: areia: argilomineral: água: aditivo);  
**Observação:** Traços em volume em litro para 1 saco de 50kg

Fonte: O autor

### 5.3 Caracterização das argamassas

No contexto das argamassas, as propriedades intrínsecas se referem às características que são determinadas pela composição e organização estrutural da argamassa, independentemente de fatores externos, e que podem ser avaliadas tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Essas propriedades são fundamentais para garantir um desempenho adequado do material em diversas aplicações. A avaliação e controle dessas características são

importantes para o projeto, execução e manutenção de estruturas de argamassa, proporcionando durabilidade, resistência e estabilidade ao longo do tempo.

### 5.3.1 Estado fresco

No estado fresco, algumas características intrínsecas importantes incluem o teor de água, o teor de ar incorporado e a densidade de massa fresca. O teor de água está relacionado à quantidade de água presente na argamassa, o teor de ar incorporado refere-se à quantidade de ar retida na mistura durante o processo de preparação e a densidade de massa fresca é a massa por unidade de volume da argamassa quando é preparada.

Após estudo da dosagem para a produção das argamassas, foram coletadas amostras e estas foram imediatamente submetidas aos ensaios de caracterização no estado fresco. Após a coleta, as argamassas foram aplicadas em painéis verticais de blocos de cerâmica com chapisco.

Nas argamassas foram realizados ensaios de índice de consistência (ABNT NBR 13276:2016), determinação da retenção de água (ABNT NBR 13277:2005), densidade de massa no estado fresco (ABNT NBR 13278:2005) e teor de ar incorporado (ABNT NBR 13278:2005). Os resultados das propriedades das misturas no estado fresco estão apresentados a seguir:

Tabela 17- Resultados dos ensaios com a argamassa em estado fresco

Propriedades	Valor Médio				Desvio Padrão
	Arg. 1	Arg. 2	Arg. 3	Arg. 4	
Índice de consistência	251 mm	255 mm	251 mm	250 mm	10 mm
Índice de retenção de água	74,4 %	70,9 %	83,9 %	85,2 %	-
Densidade de massa	1,8 g/cm <sup>3</sup>	2,4 g/cm <sup>3</sup>	2,1 g/cm <sup>3</sup>	2,0 g/cm <sup>3</sup>	-

**Legenda:** Arg.1 – Argamassa 1; Arg.2 – Argamassa 2; Arg.3 – Argamassa 3; Arg.4 – Argamassa 4.

Fonte: O autor

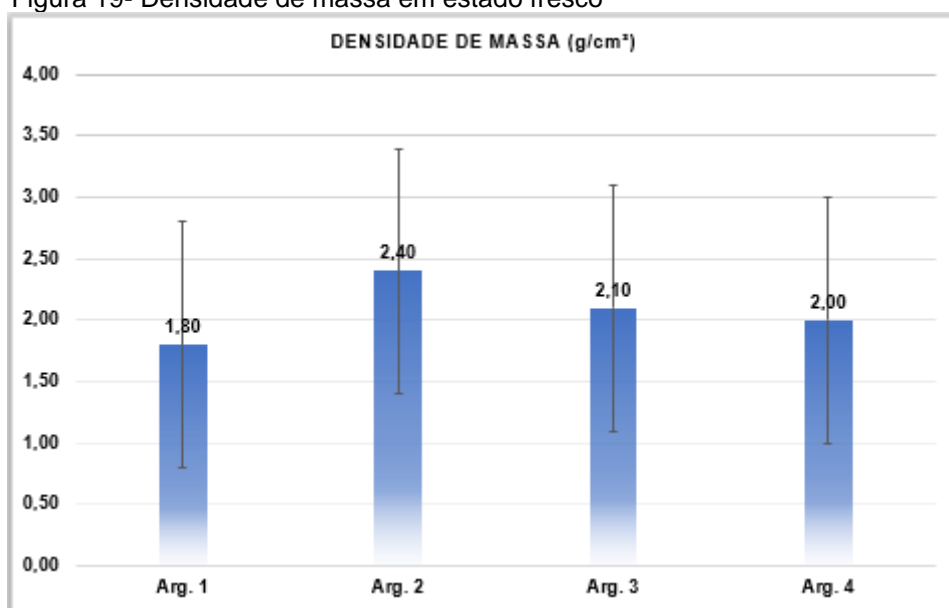
Com base nos resultados apresentados para o estado fresco das argamassas, pode-se concluir que a definição das composições das argamassas estudadas foi eficaz. Os parâmetros de dosagem, que foram definidos como variáveis no programa experimental, foram responsáveis pela diferenciação das argamassas no estado fresco. Isso significa que, em termos de trabalhabilidade, as argamassas são

diferentes entre si. As características no estado fresco das argamassas foram direcionadas principalmente pela diferença no teor de aglomerantes.

### 5.3.1.1 Densidade de massa

A densidade de massa fresca apresentou uma variação entre  $1,8 \text{ g/cm}^3$  (Arg.1) e  $2,4 \text{ g/cm}^3$  (Arg. 2), conforme indicado na tabela 16 (página 89). De acordo com a norma ABNT NBR 13281:2023, todas as argamassas foram classificadas dentro da faixa DF4 e DF5. Destaca-se que a discrepância na densidade de massa no estado fresco entre as diferentes argamassas é significativa, o que a torna uma variável relevante na interpretação. Para as argamassas 2 e 3, nota-se que quanto maior o módulo de finura da areia, maior a densidade da massa, muito embora sejam ínfimas as diferenças. A argamassa Arg. 1 apresentou o menor valor médio entre as argamassas estudadas.

Figura 19- Densidade de massa em estado fresco



Fonte: O autor

Como é possível constatar na figura acima, a densidade de massa diminui à medida que o teor de argilomineral aumenta, uma vez que o peso específico deste é menor do que o do aglomerante, como o cimento.

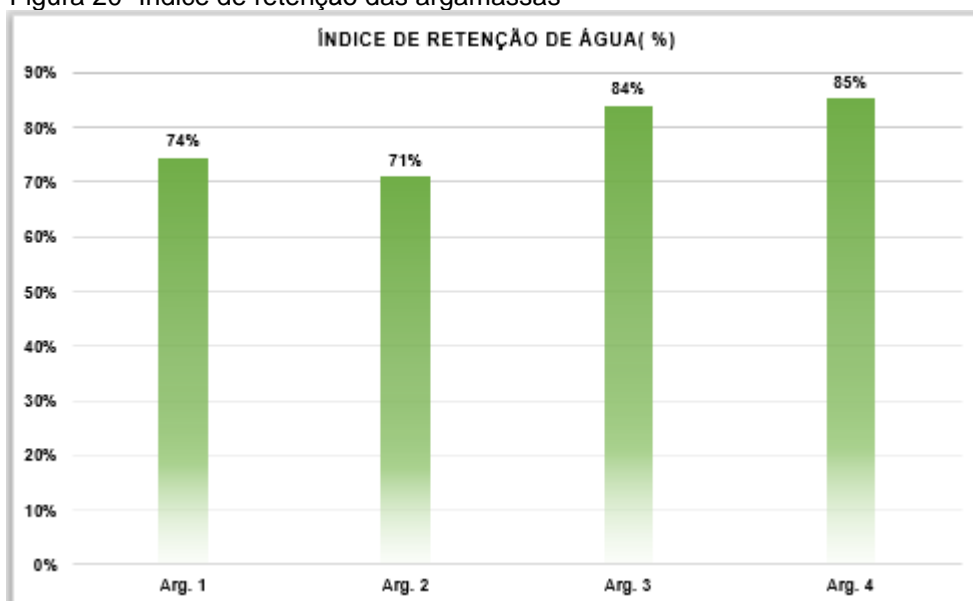
O teor de ar incorporado é uma propriedade associada à densidade da massa, pois quanto menor a densidade da argamassa, maior será o teor de ar incorporado. Essa propriedade é importante, pois está diretamente relacionada à trabalhabilidade da argamassa.

### 5.3.1.2 Índice de retenção de água

O tempo de hidratação mais prolongado na argamassa pode resultar na redução da retração, que é a perda rápida e acentuada de água durante o processo de amassamento. Essa retração é responsável por fissuras em revestimentos. Portanto, ao utilizar as argamassas mencionadas, é viável alcançar uma maior retenção de água, o que contribui para minimizar o problema da retração e, por conseguinte, reduzir o risco de fissuras nos revestimentos.

A retenção de água nas argamassas (figura 20, abaixo) apresentou uma variação compreendida entre 74,4% e 85,2%. A oscilação nos valores medidos nas argamassas é atribuída à variação na quantidade de água e no teor de argilominerais distintos. Como é possível observar na figura abaixo, as argamassas 3 e 4 apresentaram um maior índice de retenção de água. É plausível inferir que essa diversidade é suficiente para promover uma alteração substancial no comportamento das argamassas no estado fresco.

Figura 20- Índice de retenção das argamassas



Fonte: O autor

No geral, verificou-se que os teores de retenção de água se mostraram equivalentes independentemente do teor de argilomineral. Os valores mais altos obtidos para retenção de água com as argamassas 3 e 4 é justificado pelo fator de o arenoso possuir um maior teor de argilominerais.

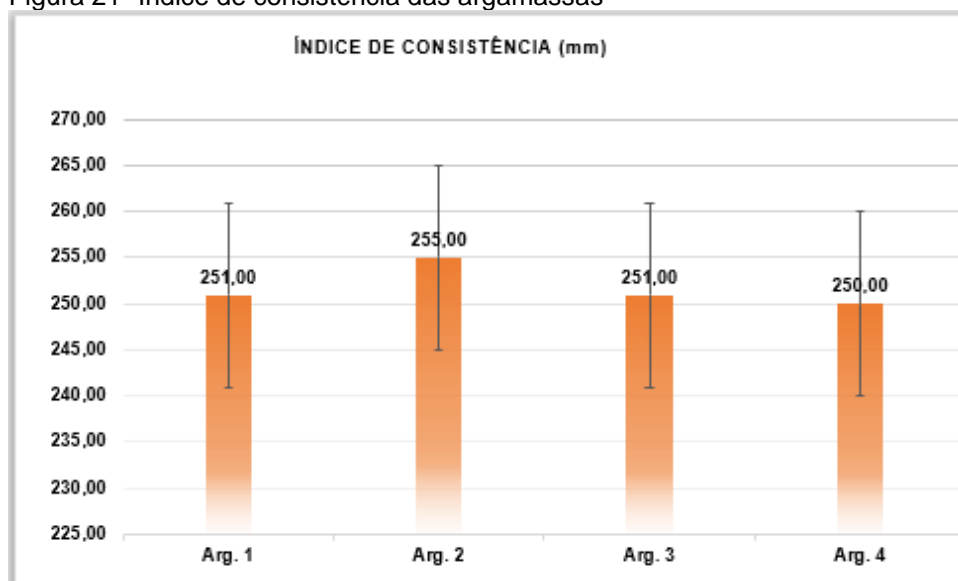
### 5.3.1.3 Índice de consistência

Os valores de índice de consistência ficaram dentro da faixa de 260 mm  $\pm$  10 mm determinado pela metodologia de Gomes e Neves (2002).

O teor de ar incorporado foi de 16,6%, um valor aceitável, segundo a citada metodologia, que define o valor de teor de ar incorporado entre 8% e 17%. Apenas na argamassa 1 se observou o teor de ar incorporado devido ao uso do aditivo, conforme prevê a metodologia.

A partir da análise do ensaio de índice de consistência, observou-se que, para manter a propriedade de espalhamento, a relação água/cimento aumentou à medida que a quantidade de argilominerais na mistura também aumentou. Isso se deve à estrutura porosa das partículas do argilomineral, que resulta em uma porosidade mais elevada em comparação com os agregados convencionais, explicando assim o aumento na absorção de água. Como resultado, foi necessária uma maior quantidade de água nas misturas para alcançar a mesma trabalhabilidade.

Figura 21- Índice de consistência das argamassas



Fonte: O autor

A quantidade de água adicionada a cada traço foi ajustada para que o índice de consistência ficasse dentro da faixa recomendada pela norma NBR 13276 (ABNT, 2005). Essa premissa foi seguida para garantir uma trabalhabilidade adequada das argamassas contendo argilominerais, com e sem o uso de aditivos plastificantes.

Com base nos resultados apresentados para o estado fresco das argamassas, pode-se concluir que a definição das composições das argamassas estudadas foi eficaz. Os parâmetros de dosagem que foram definidos como variáveis no programa experimental foram responsáveis pela diferenciação das argamassas no estado fresco. Isso significa que, em termos de trabalhabilidade, as argamassas são diferentes entre si. As características no estado fresco das argamassas foram direcionadas principalmente pela diferença no teor de aglomerantes.

### 5.3.2 Estado endurecido

No estado endurecido, as características estão relacionadas principalmente às propriedades mecânicas da argamassa. Isso inclui propriedades como resistência à compressão, resistência à tração, módulo de elasticidade e deformabilidade. Além disso, características físicas, como massa específica (também conhecida como densidade aparente) e índice de vazios são avaliadas para compreender a compactação e a porosidade da argamassa. A caracterização dos volumes de poros também é importante para avaliar a permeabilidade e a durabilidade da argamassa.

Tabela 18- Resultado dos ensaios com corpos de prova com a argamassa em estado endurecido

Propriedades	Valor Médio			
	Arg. 1	Arg. 2	Arg. 3	Arg. 4
Resistência à tração na flexão	3,37Mpa	3,10Mpa	3,18Mpa	2,86Mpa
Resistência à compressão	4,5Mpa	6,48Mpa	5,26Mpa	5,06Mpa
Densidade de massa aparente	1,62kg/m <sup>3</sup>	1,91kg/m <sup>3</sup>	1,84kg/m <sup>3</sup>	1,83kg/m <sup>3</sup>
Absorção de água por capilaridade	T10 - 0,23 g/cm <sup>2</sup> /h T9 - 0,62 g/cm <sup>2</sup>	T10 - 0,44 g/cm <sup>2</sup> /h T9 - 1,05 g/cm <sup>2</sup>	T10 - 0,49 g/cm <sup>2</sup> /h T9 - 1,13 g/cm <sup>2</sup>	T10 - 0,46 g/cm <sup>2</sup> /h T9 - 1,14 g/cm <sup>2</sup>

Legenda: T10 - Tempo de 10 minutos e T90 – Tempo de 90 minutos.

Fonte: O autor

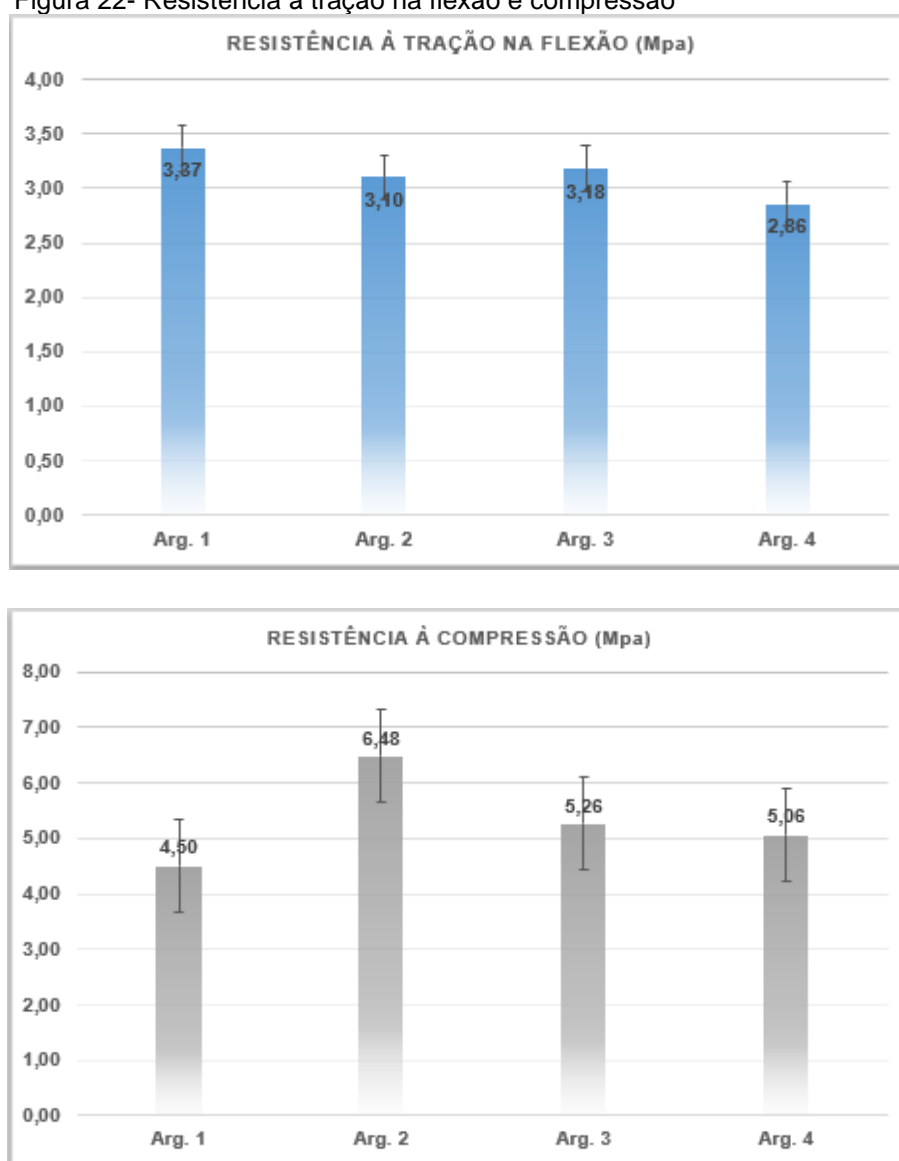
Neste trabalho, no estado endurecido, aos 28 dias, foram realizadas as análises de resistência à tração na flexão e compressão axial (ABNT NBR 13279:2005),

densidade de massa aparente (ABNT NBR 13280:2005) e absorção de água por capilaridade (ABNT NBR 15259:2005).

### 5.3.2.1 Resistência à tração na flexão e na compressão

Com o intuito de aprimorar a identificação das disparidades nos resultados entre resistência à compressão e à tração na flexão, desenvolveu-se o gráfico abaixo para analisar o desempenho mecânico dos quatro traços sob investigação.

Figura 22- Resistência à tração na flexão e compressão



Fonte: composição feita pelo autor

Por meio dessa representação gráfica, torna-se visível uma considerável variabilidade nos resultados. No contexto das resistências à compressão, as discrepâncias são ainda mais acentuadas, como era de se esperar. Isso se deve à natureza distintiva dos traços das argamassas. Essa diversidade reforça a importância de uma análise criteriosa dos traços utilizados, para compreender as diferenças no desempenho mecânico e apontar possíveis áreas de otimização nas propriedades desses materiais.

A resistência à tração na flexão superou os 3 MPa com a argamassa 1, enquanto a argamassa 3 alcançou a classificação R3 na tabela 9 na página 84, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 13281:2023.

Como previsto, os resultados indicam que as argamassas apresentaram menor resistência à compressão e tração com o aumento do teor de argilomineral (Arg. 4 < Arg. 3 < Arg. 2). Além disso, a incorporação de ar também contribuiu para o aumento da resistência mecânica.

É importante notar que, nos traços estudados, houve uma diminuição na resistência quando a relação água/cimento aumentou. Observou-se uma queda de resistência nas argamassas 2, 3 e 4 devido ao aumento da relação água/cimento e ao elevado teor de argilominerais.

Observou-se que, nas argamassas com argilomineral, a resistência à compressão diminuiu à medida que o teor aumentou, embora a argamassa 1 não tenha seguido integralmente essa tendência quando comparada às outras. No entanto, de forma geral, há uma tendência de os valores de resistência à compressão diminuírem com o aumento da relação água/cimento.

Na figura 22, na página anterior, foram apresentados os valores médios de resistência à compressão para as quatro argamassas estudadas. A argamassa 1 exibiu uma resistência à compressão inferior nesse caso, e tal fato pode ser justificado pelo teor de ar incorporado, indicando um menor volume de poros, e pelo maior teor de cimento.

Nota-se que as argamassas 2, 3 e 4 possuem uma menor resistência à tração na flexão e uma maior porosidade em relação à argamassa 1, devido a maior quantidade de partículas finas na sua composição. O alto valor de absorção de água por capilaridade prejudica as propriedades mecânicas e permite o surgimento de fissuras, afetando a durabilidade do revestimento.



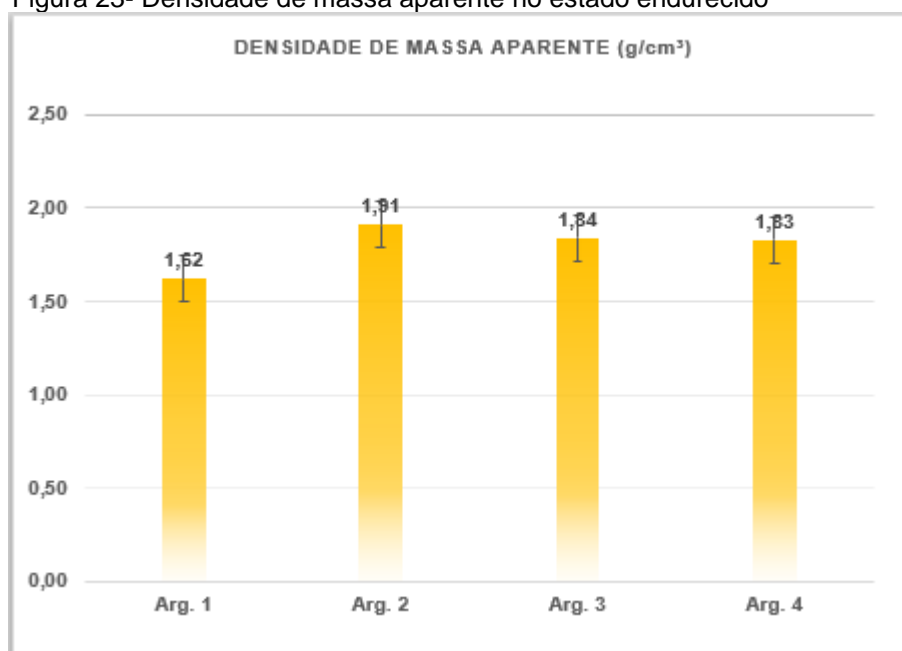
### 5.3.2.2 Densidade de massa aparente

A densidade no estado endurecido variou de 1,62 g/cm<sup>3</sup> (Arg.1) a 1,83 g/cm<sup>3</sup> (Arg.4), conforme indicado na tabela 18 (página 94). De acordo com a norma ABNT NBR 13281:2023, a argamassa 1 é classificada na faixa DE3. Por outro lado, a densidade da argamassa 4 a posiciona na faixa DE4, caracterizando-a como uma argamassa de alta rigidez.

A argamassa de referência 1, produzida segundo a metodologia de Gomes e Neves (2002), exibiu uma menor densidade de massa aparente e uma resistência à compressão inferior. Essas características podem ser atribuídas principalmente ao menor teor de argilominerais e à incorporação de ar em comparação com as outras argamassas. As informações podem ser aferidas no gráfico na página seguinte.

Constatou-se que, à medida que aumenta a relação água cimento e teor de argilomineral, diminui a densidade de massa para as argamassas 2, 3, e 4.

Figura 23- Densidade de massa aparente no estado endurecido



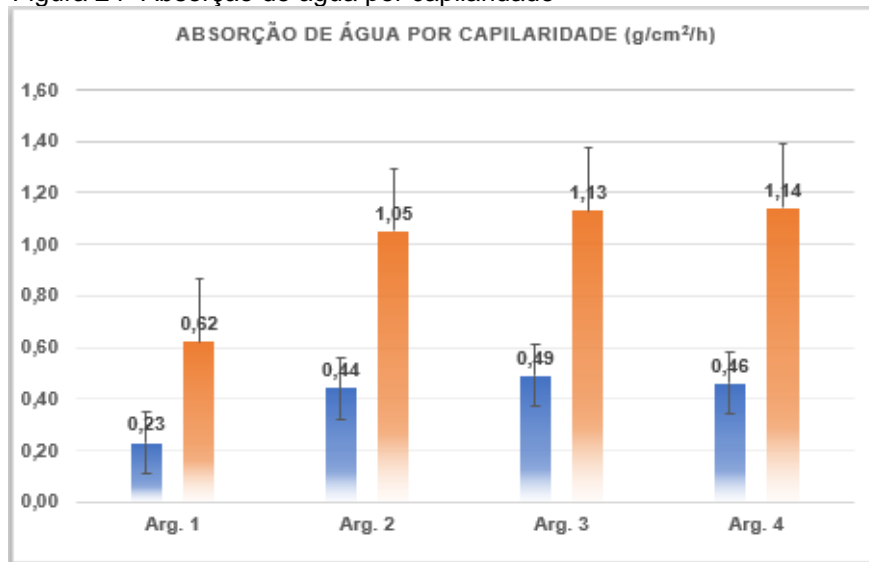
Fonte: O autor

### 5.3.2.3 Absorção de água por capilaridade

As argamassas com elevado teor de argilomineral apresentaram maior absorção de água que a argamassa de referência, pois apresentaram maiores índices de vazios,

ao contrário da argamassa de referência, com menor taxa de absorção de água por capilaridade.

Figura 24- Absorção de água por capilaridade



Fonte: O autor

## 5.4 Análise de revestimento

### 5.4.1 Preparação dos painéis para revestimento de argamassa

Antes da aplicação da argamassa, realizou-se uma limpeza superficial no substrato com o objetivo de remover poeira e outros materiais que poderiam prejudicar a aderência entre a argamassa e o substrato. Essa limpeza é essencial para garantir um bom contato e aderência entre os dois materiais.

Figura 25- Paredes chapiscadas



Fonte: O autor

Após a limpeza, fez-se o chapisco usando o traço de 1:3, lançou-se a argamassa manualmente sobre o substrato.

#### 5.4.2 Aplicação do reboco

A etapa de lançamento manual da argamassa é crucial para garantir que o revestimento seja aplicado de forma consistente e de acordo com as especificações desejadas. É importante ressaltar que a qualidade do lançamento manual da argamassa influencia diretamente na aderência, no acabamento e na durabilidade do revestimento final.

Figura 26- Paredes revestidas com argamassa de arenoso



Fonte: composição feita pelo autor

#### 5.4.3 Mapeamento de fissuração dos painéis

Realizou-se o acompanhamento do comprimento e da abertura das fissuras desde o momento de sua manifestação até atingir a idade de 85 dias. Conduziu-se esse monitoramento utilizando um fissurômetro, permitindo uma avaliação precisa da evolução dessas características ao longo do período de cura.

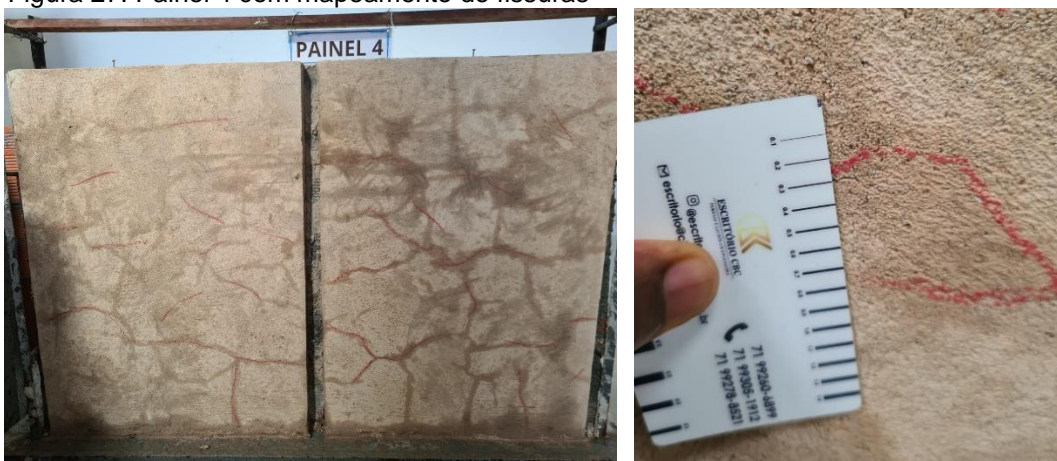
Após o período de cura, realizou-se o mapeamento das fissuras, conforme a metodologia proposta por Silva e Bauer (2009). Este método envolveu a identificação visual das fissuras, utilizando marcações de giz de cera para destacar a trajetória

delas. Adicionalmente, mensurou-se o comprimento das fissuras com o auxílio de um fio de barbante e uma régua graduada, proporcionando uma análise quantitativa das características das fissuras.

Essa abordagem abrangente permite uma compreensão detalhada da evolução das fissuras ao longo do tempo, fornecendo *insights* valiosos sobre o comportamento do material em estudo. O processo completo desse estudo, desde a detecção inicial até a análise pós-cura, pode ser visualizado no mapeamento das fissuras, na figura 27, abaixo, que mostra o painel de revestimento da argamassa 4 com traço de 1: 4,5: 3,0: 1,8 (cimento: areia: arenoso), um traço com alto teor de arenoso.

Das quatro argamassas, a Arg. 4 possui em sua composição o maior teor elevado de argilomineral e apresentou microfissuras prejudicando o desempenho do revestimento. Observa-se que as microfissuras mapeadas são características do tipo de fissuração por retração.

Figura 27: Painel 4 com mapeamento de fissuras



Fonte: O autor

#### 5.4.4 Aplicação dos endurecedores

Realizou-se a aplicação do endurecedor de superfície de maneira meticulosa sobre o revestimento de argamassa, que tinha uma idade de 85 dias, contados a partir da aplicação inicial da argamassa no substrato. O processo teve início com a lavagem dos painéis usando uma mangueira de água, seguida por um período de espera para permitir a secagem adequada.

Subdividiu-se cada painel em quatro partes distintas. Na primeira parte, optou-se por não aplicar endurecedor, utilizando-a como teste de referência. Na segunda parte do painel, aplicou-se o endurecedor tipo 1, à base de silicato. Na terceira parte, utilizou-se o endurecedor tipo 2, à base de flúor-silicato, enquanto na quarta parte, empregou-se o endurecedor tipo 3, à base de silicato de sódio alcalino. Após a realização dos ensaios citados acima, aplicou-se o endurecedor tipo 4, à base de acrílica, na primeira parte de cada painel, originalmente sem endurecedor e utilizada como teste de referência.

Replicou-se o procedimento nos quatro painéis em questão e realizou-se a aplicação dos endurecedores por meio de borrifamento, com duas camadas de produto. Diluiu-se a primeira camada na proporção de 1:1 (água: endurecedor), e a segunda camada também seguiu uma diluição de 1:1 (água: endurecedor), com um consumo de 0,35 litros por metro quadrado em cada camada, conforme especificações do fabricante. O intervalo entre a aplicação das camadas foi de 6 horas, seguindo as recomendações do fabricante, conforme é mostrado na figura 28.

Figura 28- Aplicação dos endurecedores nos painéis



Fonte: O autor



#### 5.4.5 Determinação da resistência de aderência à tração

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração superficial foi meticulosamente conduzido nos quatro painéis, nos quais a argamassa de emboço possuía uma idade de 85 dias, contados a partir de sua aplicação no substrato. Nos painéis que receberam a aplicação dos endurecedores de superfície, observou-se um intervalo de cinco dias entre a aplicação do produto e a realização do ensaio.

Figura 29- Colocação das pastilhas para o ensaio de resistência de aderência superficial



Fonte: O autor

Para a realização do ensaio, fez-se uma limpeza nas pastilhas antes da colagem para evitar qualquer interferência de trepidações. Os corpos de prova circulares foram fixados usando cola de adesivo epóxi, um dia antes da execução do ensaio, seguindo as diretrizes da NBR 13528.3 (ABNT, 2019).

Apesar de as diretrizes da referida norma, recomendarem que se utilize doze corpos de prova, neste estudo, por limitação de espaço e material disponível, optou-se por usar seis de corpos de prova. As pastilhas foram divididas em duas partes iguais e distribuídas de forma aleatória. Manteve-se um espaço mínimo de 50 mm entre os corpos, além dos cantos e quinas. No contexto específico do estudo, isso resultou em um total de 30 corpos de prova ensaiados por painel.

É importante observar que, no primeiro trecho do painel, foram realizados seis ensaios para a argamassa de referência, seguidos por mais seis ensaios para avaliar a aderência superficial da argamassa tipo 4 após a aplicação do endurecedor, conforme evidenciado na figura 29.

#### 5.4.5.1 Resistência de aderência à tração superficial

Na tabela abaixo, apresentam-se os resultados médios da resistência de aderência à tração superficial dos painéis.

Tabela 19- Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa referência

<b>Resistência de Aderência à Tração</b>				
<b>AMOSTRA</b>	<b>Painel 1</b>	<b>Painel 2</b>	<b>Painel 3</b>	<b>Painel 4</b>
Referência	0,79	0,44	0,29	0,49
End. 1	0,81	0,85	0,88	0,77
End. 2	0,62	0,64	0,69	0,71
End. 3	0,82	0,79	0,53	0,86
End. 4	0,56	0,42	0,34	0,54
Variância	<b>0,009</b>	<b>0,033</b>	<b>0,062</b>	<b>0,025</b>
Desvio padrão (MPa)	<b>0,094</b>	<b>0,183</b>	<b>0,250</b>	<b>0,158</b>
Coef. variação (%)	<b>17%</b>	<b>44%</b>	<b>74%</b>	<b>29%</b>

**Legenda:** (End.) - Endurecedor; (Referência) Sem Endurecedor

Fonte: O autor

Este resumo tabular inclui as médias de cada parte do painel, totalizando cinco medidas por parte. Cada medição representa uma média das avaliações realizadas em diferentes áreas específicas do respectivo painel.

Para obter uma compreensão mais aprofundada e detalhada dos dados do ensaio de resistência de aderência à tração para cada painel, recomenda-se consultar as tabelas completas com informações (Apêndices A, B, C e D, páginas 151 a 154, que incluem dados específicos para cada medição realizada em diferentes partes dos painéis. Essa abordagem mais minuciosa permitirá uma análise mais específica e detalhada dos resultados obtidos em cada etapa do ensaio.

Conforme estabelecido no item 7.2.6 da NBR 13755 (ABNT, 2017), em relação à aderência, a aceitação de um revestimento externo em argamassa ocorre somente se, para cada grupo de doze ensaios realizados (com idade igual ou superior a 28 dias), pelo menos oito valores forem iguais ou superiores a 0,5 MPa.

Figura 30- Resistência à aderência de acordo com a NBR 13755

Ensaio	Amostragem mínima	Resultado do ensaio MPa	Comentários
Resistência superficial	12 CP a cada 2000 m <sup>2</sup>	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq \text{oito} < 0,5$	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito CP $\geq 0,3$	Reprovado
Aderência das placas ao emboço	12 CP a cada 2000m <sup>2</sup>	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq \text{oito CP} < 0,5$	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito $\geq 0,3$	Reprovado

Fonte: Adaptação do autor

Analisando a tabela 19, página 103, observa-se que todos os resultados relativos ao traço de referência estiveram abaixo do limite estipulado pela norma, nos painéis 2, 3 e 4, devido ao fato de se tratar de uma argamassa com alto teor de argilomineral.

Entretanto, ao comparar os valores médios obtidos para cada painel ensaiado, verifica-se que em todos os painéis que receberam a aplicação do endurecedor de superfície, houve um ganho significativo de resistência de aderência à tração, alcançando pelo menos 3% em relação à argamassa padrão, conforme indicado na tabela 19. Essa constatação sugere que a utilização do endurecedor de superfície teve um impacto positivo na aderência à tração, superando as limitações observadas no traço de referência e evidenciando melhorias substanciais nas propriedades do revestimento.

A tabela 20, mostra a resistência de aderência à tração média (RATM) e a variação de resistência em cada painel. Também evidencia que os endurecedores de superfície à base de silicato e silicato de sódio alcalino aplicados tiveram os melhores desempenhos, chegando a um ganho de resistência de 203% e 138% respectivamente em relação à argamassa de referência.



Tabela 20- Tabela comparativa dos sistemas de endurecedores superficiais em relação à argamassa referência

SUBSTRATO ENSAIADO	Painel 1		Painel 2		Painel 3		Painel 4	
	RATM	Variação	RATM	Variação	RATM	Variação	RATM	Variação
Referência	0,79	0%	0,44	0%	0,29	0%	0,49	0%
Sub e End. 1	0,81	3%	0,85	93%	0,88	203%	0,77	57%
Sub e End. 2	0,62	-22%	0,64	45%	0,69	138%	0,71	45%
Sub e End. 3	0,82	4%	0,79	80%	0,53	83%	0,86	76%
Sub e End. 4	0,56	-29%	0,42	-5%	0,34	17%	0,54	10%

Legenda: RATM - Resistência de Aderência à Tração Média em (MPa); Sub - Substrato; End. 1 - Silicato; End. 2 - Flúor-silicato; End. 3 - Silicato de sódio alcalino; End. 4 - Impregnação acrílica, base água.

Fonte: O autor

Os painéis 2, 3 e 4 com seus altos teores de argilominerais mostram um melhor desempenho na resistência em relação à argamassa de referência. No painel 1, observou-se uma variação bem menor entre a argamassa referência sem endurecedor e com os que foram aplicados os endurecedores. Isso pode comprovar a eficiência da metodologia de Gomes e Neves (2002).

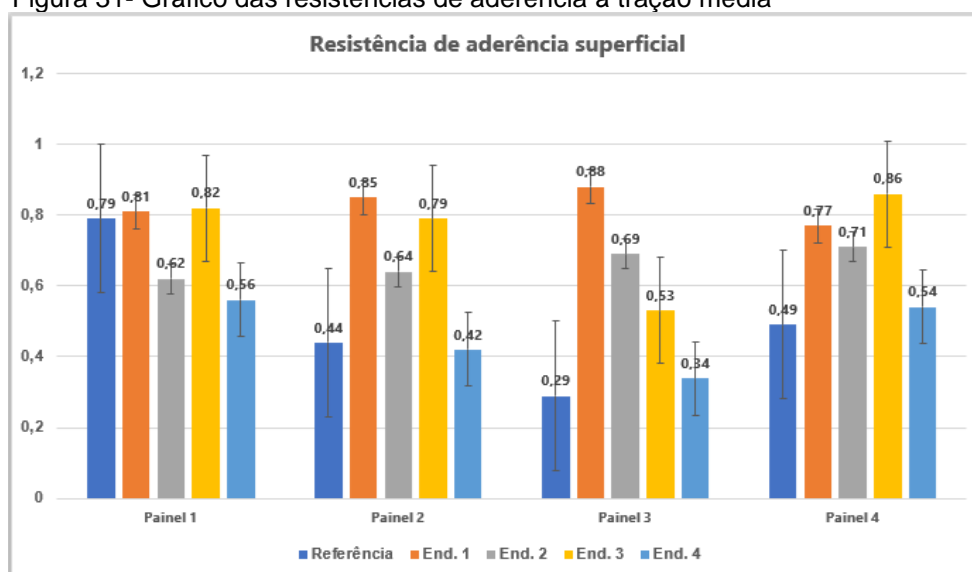
Notadamente, os painéis 2, 3 e 4, os três com crescente teor de argilominerais, demonstraram um desempenho superior em termos de resistência em comparação com a argamassa de referência.

Por outro lado, o painel 1, exibiu uma variação significativamente menor entre a argamassa de referência sem endurecedor e aquelas com endurecedores.

Em conjunto, esses resultados destacam a influência significativa dos endurecedores de superfície na resistência da argamassa e a importância da composição específica da argamassa, como evidenciado pelos diferentes desempenhos nos painéis com variações no teor de argilominerais e na metodologia de formulação.

Observa-se que as argamassas 2, 3 e 4, com alto teor de argilomineral, apresentaram menores resistências de aderência superficial e são mais porosas em comparação com a argamassa 1 de referência, devido à maior quantidade de partículas finas em sua composição. O elevado valor de absorção de água por capilaridade compromete as propriedades mecânicas e propicia o surgimento de fissuras, afetando a durabilidade do revestimento.

Figura 31- Gráfico das resistências de aderência à tração média



Fonte: O autor

Na figura 31, o gráfico formulado com base nas resistências de aderência à tração média mostra a relação de desempenho entre os diferentes produtos e sistemas de aplicação utilizados.

#### 5.4.5.1.1 Verificações estatísticas

Para avaliar se há uma diferença estatisticamente significativa entre mais de duas amostras independentes, recorre-se frequentemente ao Teste de Kruskal-Wallis. Esse teste é empregado para determinar se as medianas de dois ou mais grupos são distintas. Busca-se aqui comparar os resultados da resistência à aderência à tração da argamassa, considerando sua aplicação com e sem endurecedor de superfície. Procurou-se analisar a resistência em cinco grupos distintos: sem endurecedor, com endurecedor 1, com endurecedor 2, com endurecedor 3 e com endurecedor 4, para cada tipo de argamassa. Utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis para verificar se existe uma diferença estatisticamente significativa na resistência entre esses cinco grupos.

Para facilitar a análise, foi preciso codificar os tipos e os grupos. Assim, fez-se uma codificação para os grupos: o prefixo representa o painel e o segundo número o endurecedor. Exemplo:

10 = 1 (prefixo) equivale ao painel 1, 0 significa sem endurecedor.

11 = 1 (prefixo) equivale ao painel 1, 1 equivale ao endurecedor 1.

12 = 1 (prefixo) equivale ao painel 1, 2 equivale ao endurecedor 2.

13 = 1 (prefixo) equivale ao painel 1, 3 equivale ao endurecedor 3.

14 = 1 (prefixo) equivale ao painel 1, 4 equivale ao endurecedor 4.

Fez-se a mesma coisa para o tipo 2:

20 = 2 (prefixo) equivale ao painel 2, 0 significa sem endurecedor.

21 = 2 (prefixo) equivale ao painel 2, 1 equivale ao endurecedor 1.

Assim sucessivamente em relação aos painéis 3 e 4.

#### 5.4.5.1.1.1 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 1)

10 = sem endurecedor

11 = com endurecedor 1

12 = com endurecedor 2

13 = com endurecedor 3

14 = com endurecedor 4

Tabela 21- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 1)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
10	6	0,787518	16,9	0,44
11	6	0,810123	20,1	1,43
12	6	0,619154	13,4	-0,65
13	6	0,817657	18,3	0,86
14	6	0,555000	8,8	-2,07
Globo	30		15,5	

<b>Teste</b>				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : no mínimo uma média é diferente.			
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>	
Não ajustado para empates	4	6,14	0,189	
Ajustado para empates	4	6,15	0,188	

Fonte: O autor

### **Interpretação**

Cada grupo tem sua mediana, o posto médio e o valor-Z. O valor-Z compara a classificação média de cada grupo com a classificação média geral. O Teste de Kruskal-Wallis apontou um Valor-p = 0,188 (> 0,05), o que indica que não há

evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula. Ou seja, não há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos. Assim, concluiu-se que, com base nos resultados, não é possível rejeitar a hipótese nula. Isso sugere que não há evidências suficientes para concluir que pelo menos uma mediana é diferente das outras. Portanto, considerando o tipo 1 (painel 1) de argamassa, não existe uma diferença na resistência entre: sem endurecedor, com endurecedor 1, com endurecedor 2 e com endurecedor 3.

#### 5.4.5.1.1.2 Resultado do Teste do tipo 2 (painel 2)

20 = sem endurecedor

21 = com endurecedor 1

22 = com endurecedor 2

23 = com endurecedor 3

24 = com endurecedor 4

Tabela 22- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 2)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
20	6	0,440917	7,8	-2,38
21	6	0,848316	24,3	2,72
22	6	0,644876	17	0,47
23	6	0,792455	20,9	1,69
24	6	0,415000	7,5	-2,49
Globo	30		15,5	

<b>Teste</b>				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.			
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>	
Não ajustado para empates	4	17,88	0,001	
Ajustado para empates	4	17,89	0,001	

Fonte: O autor

### **Interpretação**

A partir do Teste de Kruskal-Wallis, no qual o Valor-p é de 0,001, menor que o nível de significância padrão de 0,05, rejeitou-se a hipótese nula, que afirmava que todas as médias são iguais. Assim, existem evidências estatísticas que indicam que

pelo menos um dos grupos (20, 21, 22, 23, 24) possui uma média significativamente diferente dos demais em relação à variável testada, o que sugere a presença de variações estatisticamente significativas nas medianas entre esses grupos.

Observando as medianas das amostras para os grupos (respectivamente: 0,44, 0,84, 0,64, 0,79 e 0,41), as classificações médias revelam que o grupo 21 (painel 2, com endurecedor 1) difere de maneira estatisticamente significativa da maioria das classificações médias de todas as observações. Também se verificou que este grupo é superior à mediana geral, indicando que é o mais eficiente dentre os grupos analisados.

#### 5.4.5.1.1.3 Resultado do Teste do tipo 3 (painel 3)

30 = sem endurecedor

31 = com endurecedor 1

32 = com endurecedor 2

33 = com endurecedor 3

34 = com endurecedor 4

Tabela 23- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 3)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
30	6	0,285544	5,2	-3,21
31	6	0,884172	27,2	3,66
32	6	0,687747	19,2	1,14
33	6	0,534972	17,3	0,54
34	6	0,340000	8,7	-2,13
Globo	30		15,5	

<b>Teste</b>			
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.		
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.		
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>
Não ajustado para empates	4	23,85	0,000
Ajustado para empates	4	23,86	0,000

Fonte: O autor

### Interpretação

A partir do Teste de Kruskal-Wallis, no qual o Valor-p é de 0,000, menor que o nível de significância padrão de 0,05, rejeitou-se a hipótese nula de que todas as médias são iguais. Portanto, há evidências estatísticas para sugerir que pelo menos um dos grupos (30, 31, 32, 33, 34) possui uma média significativamente diferente dos demais em relação à variável testada, o que indica a presença de variações estatisticamente significativas nas medianas entre esses grupos.

Observando as medianas das amostras para os grupos (respectivamente: 0,28, 0,88, 0,68, 0,53 e 0,34), as classificações médias revelam que o grupo 31 (painel 3, com endurecedor 1) difere de maneira estatisticamente significativa da maioria das classificações médias de todas as observações. Além disso, verifica-se que este grupo é superior à mediana geral, indicando que é o mais eficiente [entredentre](#) os grupos analisados.

#### 5.4.5.1.1.4 Resultado do Teste do tipo 4 (painel 4)

40 = sem endurecedor

41 = com endurecedor 1

42 = com endurecedor 2

43 = com endurecedor 3

44 = com endurecedor 4

Tabela 24- Teste de Kruskal-Wallis: resistência versus grupo (painel 4)

Estatísticas Descritivas				
Grupo	N	Mediana	Posto Médio	Valor-Z
40	6	0,494440	6,2	-2,90
41	6	0,766992	20,3	1,50
42	6	0,710871	18,1	0,80
43	6	0,858709	21,6	1,89
44	6	0,535000	11,3	-1,30
Globo	30		15,5	

Teste				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.			
Método	GL	Valor H	Valor- p	
Não ajustado para empates	4	13,28	0,010	
Ajustado para empates	4	13,29	0,010	

Fonte: O autor

## **Interpretação**

A partir do Teste de Kruskal-Wallis, no qual o Valor-p é de 0,010, menor que o nível de significância padrão de 0,05, rejeitou-se a hipótese nula que afirmava que todas as médias são iguais. Portanto, há evidências estatísticas para sugerir que pelo menos um dos grupos (40, 41, 42, 43, 44) possui uma média significativamente diferente dos demais em relação à variável testada. O que indica a presença de variações estatisticamente significativas nas medianas entre esses grupos.

Observando as medianas das amostras para os grupos (respectivamente: 0,49, 0,76, 0,71, 0,85 e 0,53), as classificações médias revelam que o grupo 43 (painel 4, com endurecedor 3) difere de maneira estatisticamente significativa da maioria das classificações médias de todas as observações. Além disso, verificou-se que este grupo é superior à mediana geral, indicando que é o mais eficiente entre os grupos analisados.

### 5.4.6 Análise de permeabilidade em painéis

Segundo Almeida e Carasek (2003), a penetração de umidade representa uma das principais causas de deterioração em construções, especialmente nos revestimentos. Diante desse desafio, é evidente a necessidade de estudos voltados para o desenvolvimento de métodos de ensaio que possam avaliar o desempenho das argamassas em relação à penetração de umidade, bem como a definição de parâmetros para essa avaliação.

Um método de ensaio particularmente interessante para avaliar a permeabilidade e absorção de revestimentos é conhecido como "método do cachimbo", proposto pelo *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (CSTC) e pela *Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* (RILEM). Esse procedimento, simples e eficaz, visa verificar a permeabilidade à água dos revestimentos de parede, é aplicável tanto em campo quanto em laboratório. Além disso, destaca-se por sua simplicidade de execução, custo acessível e caráter não destrutivo. No entanto, vale ressaltar que este ensaio não é padronizado no Brasil e a análise de seus resultados ainda é realizada comparando médias de leituras com outras obtidas em experimentos laboratoriais.

Por outro lado, a NBR 15575-2 (ABNT, 2021) prescreve um ensaio para a verificação, em laboratório, da estanqueidade à água de Sistemas de Vedação Interna e Externa (SVVIE). Esse ensaio propõe a análise do desempenho de elementos de vedação quanto à penetração de água, simulando a incidência de chuvas. A abordagem consiste em submeter uma seção do painel à presença constante de água, utilizando uma câmara de pressão, a fim de reproduzir as condições de utilização em áreas molhadas.

Embora ambos os métodos abordem a avaliação da permeabilidade à água em revestimentos, é importante destacar a necessidade de normatização mais abrangente e específica, especialmente para o "método de absorção pelo cachimbo" no contexto brasileiro. Pesquisas e desenvolvimento contínuos nessa área são essenciais para estabelecer parâmetros claros e práticos que contribuam para a eficácia desses ensaios e, conseqüentemente, para a durabilidade e qualidade das construções.

Essa metodologia detalhada garante a precisão na execução do ensaio e permite avaliar a permeabilidade à água do revestimento ao longo do tempo. A combinação da massa de silicone, cachimbo de vidro e pisseta plástica proporciona as condições ideais para simular e medir a absorção de água, contribuindo para uma análise minuciosa do desempenho do material em questão. O uso do cronômetro e a definição clara dos critérios de término asseguram a consistência e reprodutibilidade do ensaio.

A execução do ensaio requer a utilização de aparelhagem específica e a observância dos procedimentos corretos.

Aparelhagem necessária:

- Pisseta plástica: capacidade de 500 ml;
- Silicone acético transparente;
- Cachimbo de vidro: confeccionado;
- Cronômetro.

Procedimentos do ensaio:

- Modelagem com silicone: moldar manualmente uma porção da massa de silicone em uma forma aproximadamente cilíndrica e envolver a borda do cachimbo de vidro;



- Fixação do cachimbo de vidro: fixar o cachimbo de vidro na parede revestida, comprimindo-o contra ela;
- Preparação com pisseta plástica: utilizando a pisseta plástica, encher o cachimbo com água potável até atingir a referência do nível zero;
- Acionamento do cronômetro: iniciar o cronômetro quando a água é adicionada ao cachimbo;
- Leituras periódicas: realizar leituras a cada 5 minutos, registrando a diminuição do nível da água em  $\text{cm}^3$ ;
- Critério de término: continuar as leituras até que o nível de água atinja a marca de  $4 \text{ cm}^3$  ou até completar 60 minutos de ensaio.

Note-se também a importância de medir a temperatura do ambiente e a umidade do ar. A figura abaixo mostra a fixação do cachimbo de vidro na parede, seguido da medição da temperatura e umidade do ar no ambiente da aplicação.

Figura 32- Fixação do cachimbo de vidro com a medição de temperatura e umidade do ar



Fonte: composição feita pelo autor

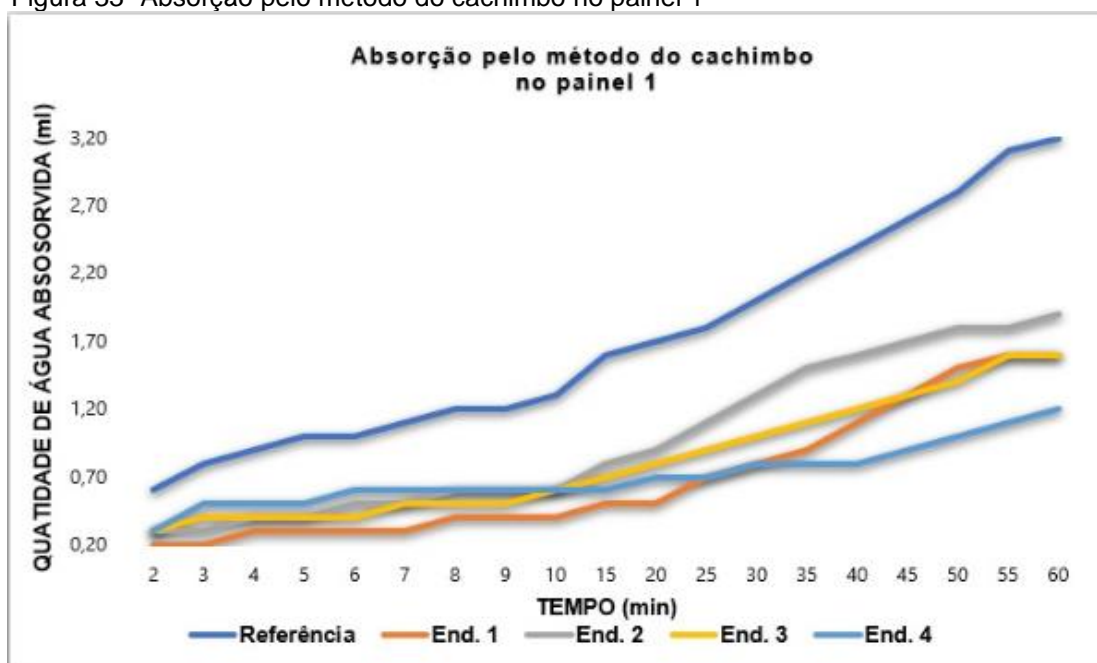
#### 5.4.6.1 Resultado da avaliação pelo método do cachimbo

Os ensaios de permeabilidade dos revestimentos foram conduzidos após 85 dias, com leituras realizadas a cada minuto nos primeiros 10 minutos e, posteriormente, a cada 5 minutos, até completar 60 minutos. Para fixação nos

revestimentos, foram utilizados dois cachimbos, os quais foram aderidos por meio de silicone e massa de calafetar.

Algumas medições apresentaram uma absorção de água elevada e foram descartadas, provavelmente devido à colocação do cachimbo sobre fissuras não visíveis. Foram consideradas apenas as medidas que registraram duas leituras de absorção de água após 60 minutos, apresentando menores dispersões. Ao posicionar os cachimbos, procurou-se evitar locais com fissuras aparentes, sem considerar se estavam sobre o bloco ou sobre juntas de assentamento. Segundo Almeida e Carasek (2003), essa consideração não afeta os resultados de permeabilidade.

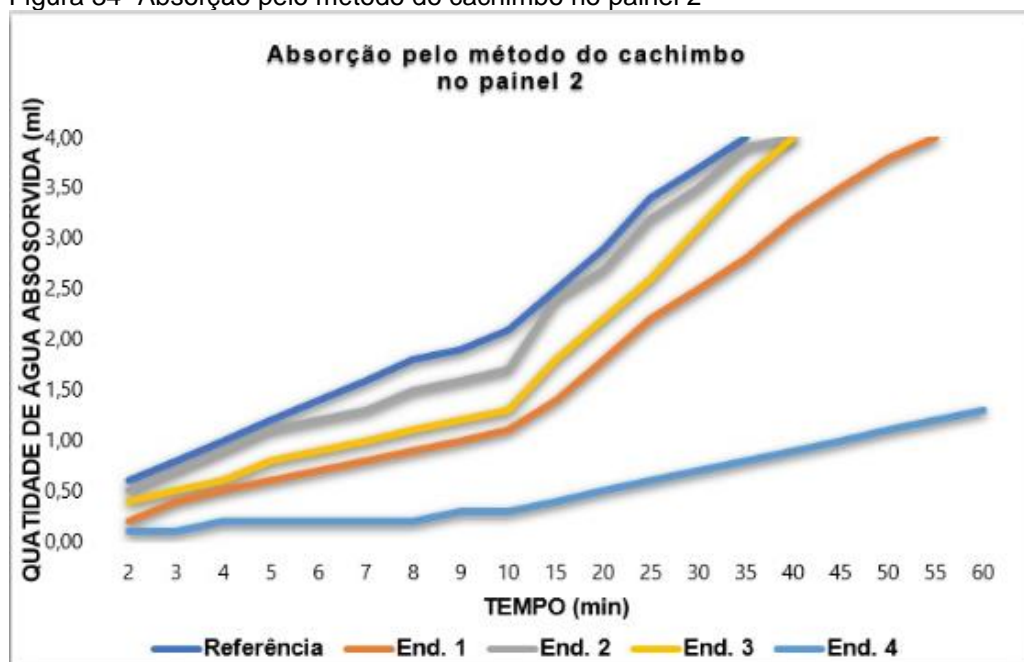
Figura 33- Absorção pelo método do cachimbo no painel 1



Fonte: O autor

No painel 1, conforme a figura demonstra, observa-se que as argamassas contendo endurecedores 1, 2, 3 e 4 apresentaram níveis de absorção de água inferiores em comparação com a argamassa de referência, que não continha endurecedor. Notadamente, a argamassa com o endurecedor 4 demonstrou a menor taxa de absorção de água, seguida, em ordem decrescente, pelas argamassas 3, 1 e 2, respectivamente.

Figura 34- Absorção pelo método do cachimbo no painel 2



Fonte: O autor

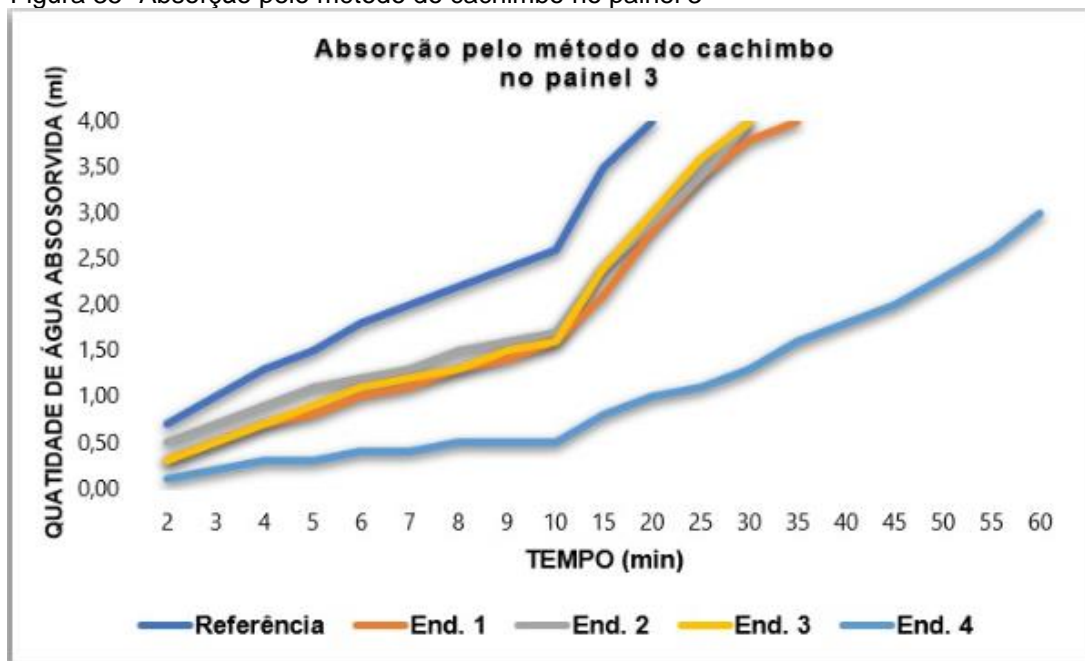
No painel 2, conforme a figura evidencia, verifica-se que as argamassas com os endurecedores 1, 2, 3 e 4 exibiram níveis de absorção de água mais baixos em comparação com a argamassa de referência, que não continha endurecedor. Destaca-se que a argamassa com o endurecedor 4 novamente apresentou o menor teor de absorção de água, estabelecendo uma clara diferença em relação às argamassas 1, 2 e 3. Estes resultados indicam que essas argamassas têm a tendência de se aproximar do desempenho da argamassa de referência.

Dessa forma, é possível concluir que os endurecedores têm também um papel de impermeabilidade parcial no sistema de revestimento pois dificulta a penetração da água no substrato.

No painel 3, conforme apresenta a figura 35, na página seguinte, constata-se que as argamassas contendo os endurecedores 1, 2 e 3 exibiram níveis de absorção de água semelhantes entre si, todos inferiores quando comparados à argamassa de referência desprovida de endurecedor.

Por outro lado, a argamassa com o endurecedor 4 demonstrou uma absorção ainda menor de água, destacando-se significativamente em relação às argamassas 1, 2 e 3. Esses resultados indicam que o endurecedor 4 teve um impacto mais pronunciado na redução da absorção de água em comparação com seus equivalentes e a argamassa de referência.

Figura 35- Absorção pelo método do cachimbo no painel 3



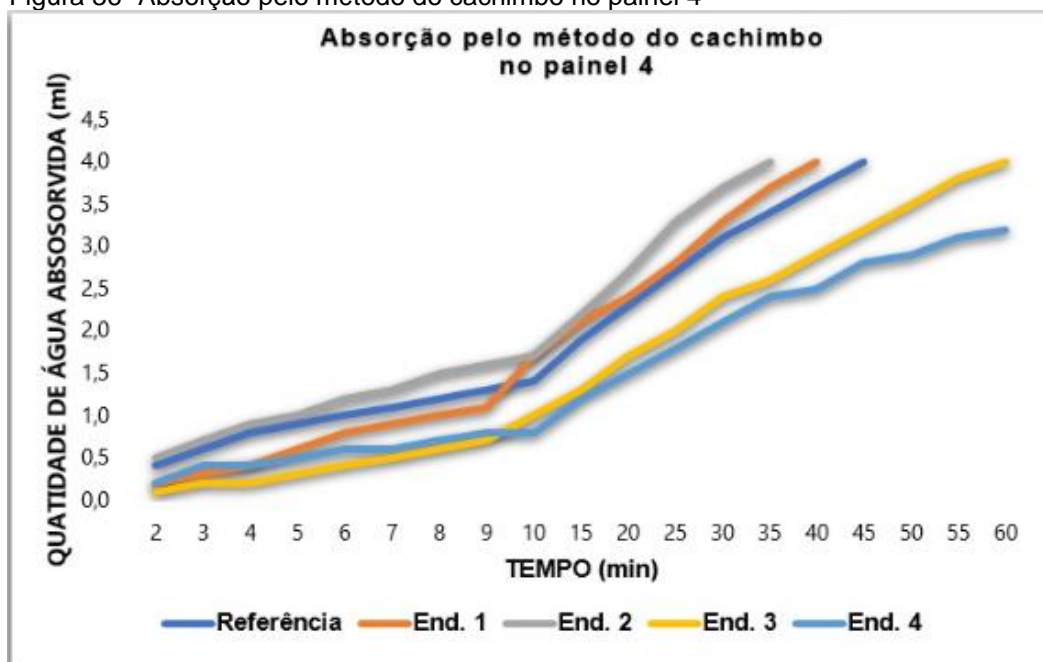
Fonte: O autor

No painel 4, conforme mostra a figura 36, na página seguinte, observa-se que as argamassas com os endurecedores 1, 2, 3 e 4 apresentaram absorção de água semelhante entre si. Tanto a argamassa de referência, sem endurecedor, quanto as argamassas com endurecedores mostraram resultados similares.

Destaca-se que as argamassas com os endurecedores 3 e 4 demonstraram uma menor absorção de água em comparação com as argamassas 1 e 2. Essa diferença sugere que os endurecedores 3 e 4 podem conferir uma maior resistência à penetração de umidade.

É importante considerar que fatores externos, como variação de temperatura e umidade relativa do ar, durante os ensaios, bem como os procedimentos de execução, podem ter influenciado nos resultados. Além disso, a presença significativa de fissuras nos revestimentos do painel 4 pode ter impactado nas medições.

Figura 36- Absorção pelo método do cachimbo no painel 4



Fonte: O autor

Diante dessas observações, é recomendável a realização de estudos mais aprofundados, levando em conta as variáveis mencionadas. Esses estudos permitirão uma compreensão mais abrangente do desempenho das argamassas com endurecedores e ajudarão a confirmar as conclusões preliminares sobre a eficácia dos endurecedores 3 e 4 na redução da absorção de água.

O resultado do método de absorção pelo cachimbo indicou maior diferença de absorção entre os painéis apresentados, tendo em vista a distribuição menos regular dos poros do painel.

A observação do tempo nos painéis 1, 2 e 3 na argamassa de referência revelou uma tendência decrescente, atribuída ao aumento do teor de argilominerais nestes mesmos painéis. Essa mudança pode ser associada à capacidade dos argilominerais de dificultar a entrada de água no sistema.

Com exceção do ensaio de verificação da permeabilidade, os resultados foram considerados satisfatórios. Essa avaliação positiva sugere a viabilidade da aplicação dos painéis, considerando-se a influência favorável dos argilominerais na resistência à penetração de água.

As curvas resultantes do método de absorção pelo cachimbo mostram permeabilidade reduzida das argamassas com adições de argilomineral, sobretudo com arenoso, e com os endurecedores em relação à composição de referência (sem

endurecedores). Uma possível explicação para a taxa de absorção lenta das argamassas com percentagens elevadas de argilomineral é uma parcial saturação devido à secagem deficiente, evidenciada pelo alto teor de umidade e índice de retenção de água. Sem dúvida, a presença dos endurecedores teve uma grande contribuição no papel de redução de permeabilidade.

Observou-se, também, ligeira diminuição da absorção de água nas argamassas com teor elevado de argilomineral, possivelmente pela alteração da porosidade e da microestrutura das argamassas devido à formação de novos produtos.

#### 5.4.7 Módulo de elasticidade dinâmico

Os ensaios para determinação do módulo de elasticidade foram conduzidos no Laboratório de Construção e Estruturas da UFBA (Timochecho), empregando o equipamento Sonelastic. Repetiu-se o teste duas vezes para cada corpo de prova, garantindo uma abordagem robusta e confiável na obtenção dos resultados.

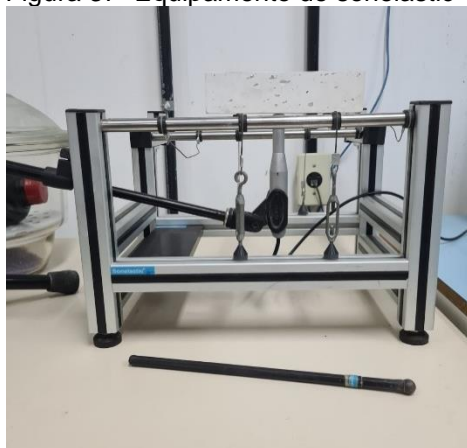
O método utilizado para esses ensaios é padronizado pela ASTM E1876:09 - "*Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration*". Esse método emprega a excitação por impulso para determinar os módulos dinâmicos de elasticidade, cisalhamento e a razão de Poisson.

O procedimento para o ensaio de módulo dinâmico nos corpos de prova seguiu os seguintes passos:

- Posicionamento do corpo de prova deitado: posicionou-se o corpo de prova de forma horizontal;
- Posicionamento do sensor acústico: após o posicionamento do corpo de prova, o sensor acústico do equipamento foi devidamente posicionado;
- Excitação por impacto: utilizou-se uma haste para provocar um impacto controlado no corpo de prova;
- Captação do impacto pelo sensor: captou-se o impacto gerado pelo sensor do equipamento;
- Obtenção dos resultados: obtiveram-se os resultados relativos aos módulos de elasticidade por meio da análise das respostas vibracionais registradas.

Esse método proporciona uma avaliação precisa e dinâmica das propriedades elásticas dos materiais, permitindo uma compreensão mais aprofundada de seu comportamento sob diferentes condições. A repetição do teste múltiplas vezes em cada corpo de prova contribui para a confiabilidade e consistência dos dados obtidos, assegurando os resultados.

Figura 37- Equipamento de sonelastic



Fonte: O autor

O ensaio de módulo de elasticidade dinâmico pela Técnica de Excitação por Impulso (TEI) se realizou com o equipamento e software Sonelastic® da marca ATP Engenharia Física. Os resultados obtidos no ensaio encontram-se na tabela abaixo, apresentados com os valores médios e os seus respectivos desvios padrões.

Tabela 25- Resultados de módulo de elasticidade dinâmico

	<b>Módulo de Elasticidade (Gpa)</b>				
	<b>Padrão</b>	<b>End. 1</b>	<b>End. 2</b>	<b>End. 3</b>	<b>End. 4</b>
P 1	6,364 ± 0,167	6,911 ± 0,234	6,656 ± 0,145	7,305 ± 0,212	6,866 ± 0,164
P 2	6,529 ± 0,191	7,747 ± 0,188	6,563 ± 0,194	9,307 ± 0,235	9,338 ± 0,161
P 3	4,867 ± 0,392	4,972 ± 0,086	4,937 ± 0,130	7,868 ± 0,199	5,191 ± 0,089
P 4	3,539 ± 0,048	4,312 ± 0,079	3,645 ± 0,058	6,289 ± 0,200	4,727 ± 0,108

Legenda: (End.) – Endurecedor; Padrão: Sem endurecedor

Fonte: O autor

Ao analisar a tabela do módulo de elasticidade, percebe-se que as argamassas dos painéis sem endurecedores demonstraram valores mais baixos em comparação com aquelas que continham endurecedores. Os painéis sem endurecedores exibiram uma tendência decrescente, sendo o painel 1, com o traço de referência, o que



apresentou o maior valor ( $6,364 \pm 0,167$ ) de módulo de elasticidade, enquanto o painel 4, com traço modificado, exibiu o menor valor ( $3,539 \pm 0,048$ ). Essa disparidade pode ser atribuída a um aumento na relação água/cimento nos painéis.

Os painéis com endurecedores também exibiram uma tendência decrescente, na qual o painel 3, com endurecedor (silicato de sódio alcalino), demonstrou um módulo de elasticidade mais elevado em relação aos diferentes painéis quando comparado às partes padrão (sem endurecedores). Ficou evidente que os endurecedores de superfície provocaram uma alteração nos módulos de elasticidade dos painéis, quando comparados com os valores das partes padrão (sem endurecedores).

#### 5.4.7.1 Análise de variância dos módulos de elasticidade

Para facilitar a análise, foi preciso codificar os tipos e os grupos. Assim, fez-se uma codificação para os grupos: o prefixo representa o painel e o segundo número o endurecedor. Exemplo do teste do tipo 1:

Gpa tipo 1E0 = sem endurecedor

Gpa tipo 1E1 = com endurecedor 1

Gpa tipo 1E2 = com endurecedor 2

Gpa tipo 1E3 = com endurecedor 3

Gpa tipo 1E4 = com endurecedor 4

Os resultados podem ser vistos nas páginas seguintes.



#### 5.4.7.1.1 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 1)

Gpa tipo 1E0 = sem endurecedor

Gpa tipo 1E1 = com endurecedor 1

Gpa tipo 1E2 = com endurecedor 2

Gpa tipo 1E3 = com endurecedor 3

Gpa tipo 1E4 = com endurecedor 4

Tabela 26- Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 1)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
GpaTipo1E0	1	6,36425	1,0	-1,41
GpaTipo1E1	1	6,91165	4,0	0,71
GpaTipo1E2	1	6,65600	2,0	-0,71
GpaTipo1E3	1	7,30465	5,0	1,41
GpaTipo1E4	1	6,86575	3,0	0,00
Global	5		3,0	

<b>Teste</b>			
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.		
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.		
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>
	4	4,00	0,406

Fonte: O autor

#### 5.4.7.1.2 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 2)

Gpa tipo 1E0 = sem endurecedor

Gpa tipo 1E1 = com endurecedor 1

Gpa tipo 1E2 = com endurecedor 2

Gpa tipo 1E3 = com endurecedor 3

Gpa tipo 1E4 = com endurecedor 4

Tabela 26- Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 2)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
GpaTipo2E0	1	6,52875	1,0	-1,41
GpaTipo2E1	1	7,74665	3,0	0,00
GpaTipo2E2	1	6,56325	2,0	-0,71
GpaTipo2E3	1	9,30730	4,0	0,71
GpaTipo2E4	1	9,33795	5,0	1,41
Global	5		3,0	

<b>Teste</b>				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.			
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>	
	4	4,00	0,406	

Fonte: O autor

### 5.4.7.1.3 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 3)

Gpa tipo 1E0 = sem endurecedor

Gpa tipo 1E1 = com endurecedor 1

Gpa tipo 1E2 = com endurecedor 2

Gpa tipo 1E3 = com endurecedor 3

Gpa tipo 1E4 = com endurecedor 4

Tabela 27- Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 3)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
GpaTipo3E0	1	4,86675	1,0	-1,41
GpaTipo3E1	1	4,97155	3,0	0,00
GpaTipo3E2	1	4,93690	2,0	-0,71
GpaTipo3E3	1	7,86795	5,0	1,41
GpaTipo3E4	1	5,18995	4,0	0,71
Global	5		3,0	

<b>Teste</b>				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.			
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>	
	4	4,00	0,406	

Fonte: O autor

#### 5.4.7.1.4 Resultado do Teste do tipo 1 (painel 4)

Gpa tipo 1E0 = sem endurecedor

Gpa tipo 1E1 = com endurecedor 1

Gpa tipo 1E2 = com endurecedor 2

Gpa tipo 1E3 = com endurecedor 3

Gpa tipo 1E4 = com endurecedor 4

Tabela 28 - Teste de Kruskal-Wallis: módulo de elasticidade versus grupo (painel 4)

<b>Estatísticas Descritivas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Posto Médio</b>	<b>Valor-Z</b>
GpaTipo4E0	1	3,53935	1,0	-1,41
GpaTipo4E1	1	4,31270	3,0	0,00
GpaTipo4E2	1	3,64515	2,0	-0,71
GpaTipo4E3	1	6,28870	5,0	1,41
GpaTipo4E4	1	4,72720	4,0	0,71
Global	5		3,0	

<b>Teste</b>				
Hipótese nula	H <sub>0</sub> : Todas as médias são iguais.			
Hipótese Alternativa	H <sub>0</sub> : No mínimo uma média é diferente.			
<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor- p</b>	
	4	4,00	0,406	

Fonte: O autor

### **Interpretação**

Todas as vezes que Valor-p for superior a alfa e 0,05 ou inferior a 0,05 não há diferença estatisticamente significativa entre as medianas dos grupos (painel 1, painel 2, painel 3 e painel 4). O Teste de Kruskal-Wallis apontou um Valor-p = 0,406 (> 0,05), o que indica que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula. Ou seja, não há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos.

## 5.5 Análises microestrutural

### 5.5.1 Difração por raio-X (DRX)

Os difratogramas de raios X dos materiais foram coletados em um aparelho Shimadzu XRD-6000, que opera com uma radiação  $\text{CuK}\alpha$  gerada a 40 kV, 30 mA e monocromador de grafite, na região de  $2\theta$  de 1,4 a  $50^\circ$  numa velocidade de varredura de  $2^\circ\text{min}^{-1}$ .

Os gráficos, na página seguinte, revelam picos de difração que, qualitativamente, indicam os principais minerais presentes na amostra, incluindo quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Esses resultados são consistentes com os achados de Araújo (2017).

Os picos predominantes correspondem a quartzo (Q), hematita (H) e, em menor grau, anortita (A). No gráfico D, observam-se teores mais baixos de quartzo (Q), hematita (H) e anortita (A).

Os números das fichas cristalográficas são os seguintes: anortita (A) – 654, quartzo (Q) – 16332 e hematita (H) – 15840.

Ao analisar os espectros das matérias-primas utilizadas no processo (C), não são identificados novos picos cristalinos nas argamassas com adição de argilomineral, independentemente do traço utilizado ou do uso de endurecedores.

O grau de cristalização diferenciou cada difratograma, tornando os picos menores mais visíveis e permitindo uma melhor visualização de detalhes adicionais em outros picos. Ao comparar os difratogramas entre si, observa-se que o quartzo e a calcita são presenças predominantes, exibindo picos consideráveis em todos eles. Essa observação era esperada, com base nos resultados de estudos anteriores documentados na literatura.

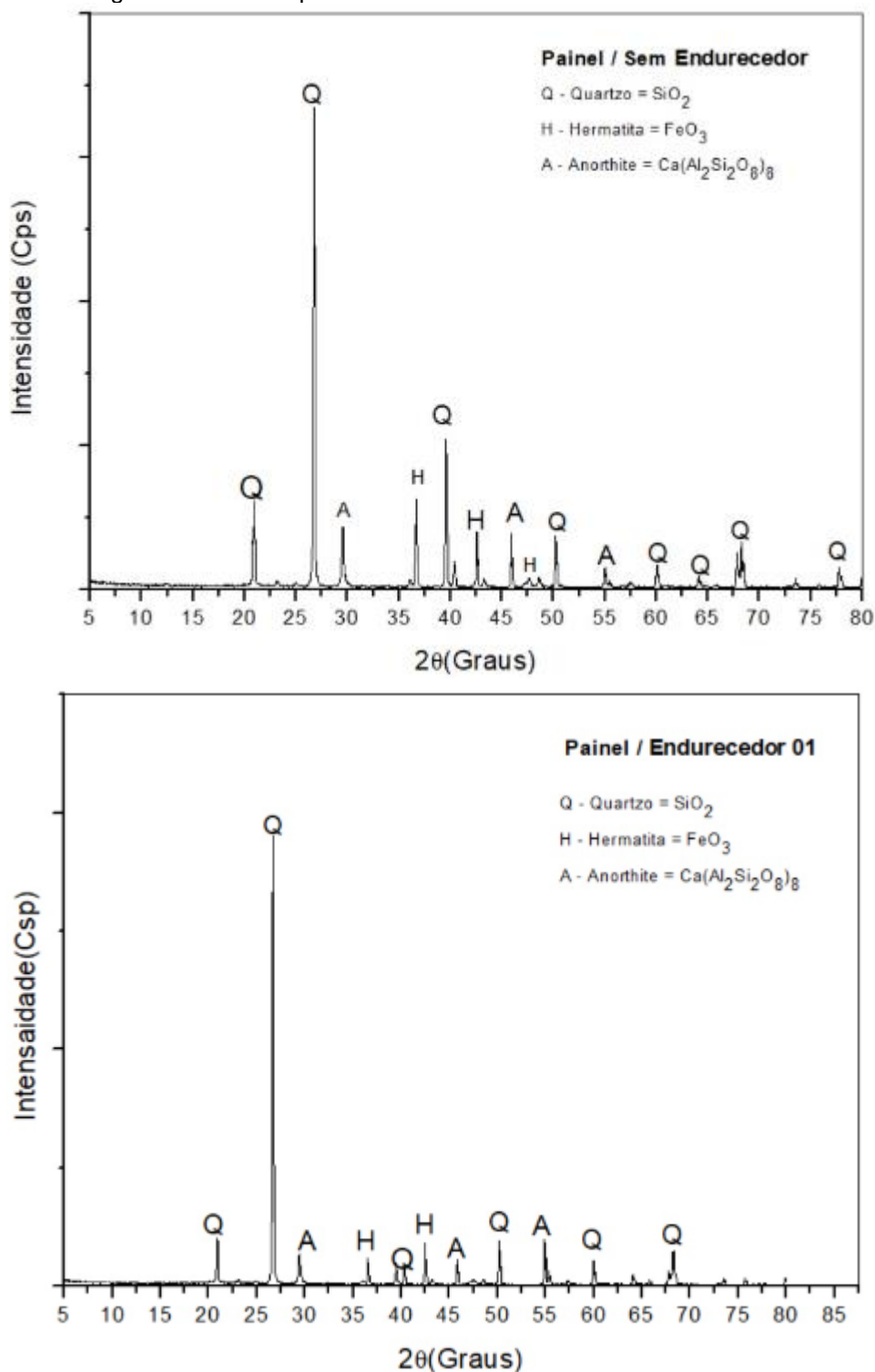
Os difratogramas foram comparados com os padrões de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), calcita ( $\text{CaO}$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) encontrados em Sousa, 2014; Bleicher *et al.*, 2000; Dias, 2015; Carregosa *et al.*, 2016. Os picos mais significativos foram identificados conforme os gráficos padrão, que se encontram nas páginas seguintes.

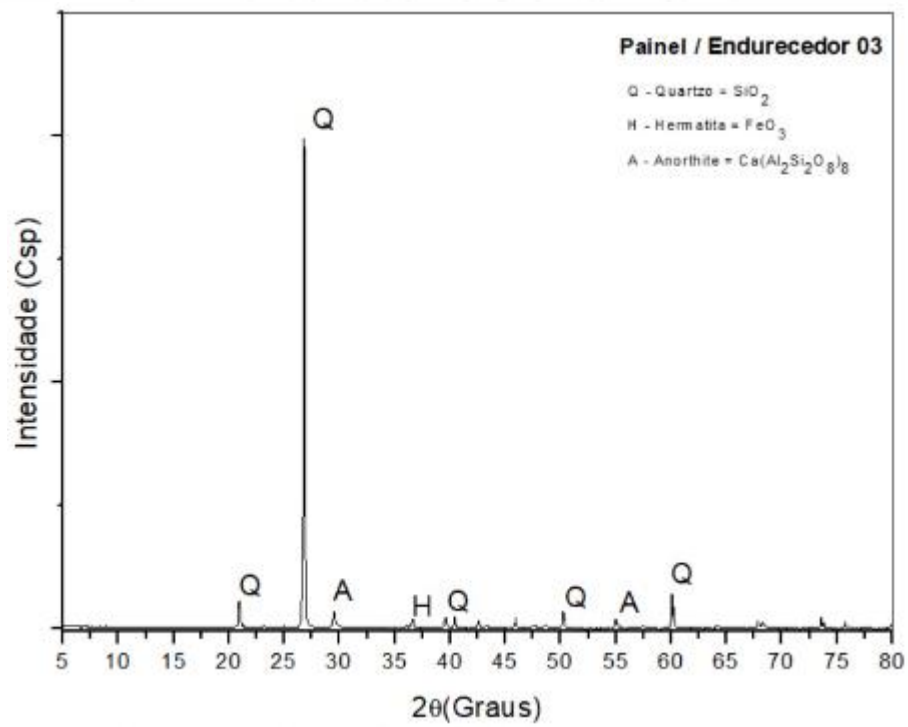
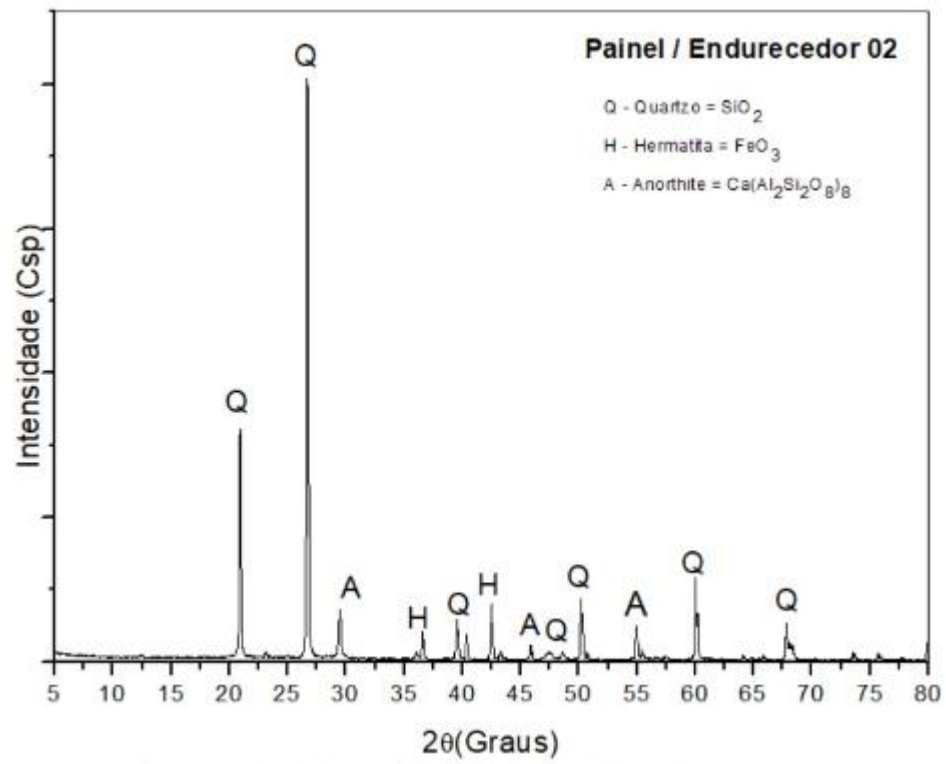
De maneira geral, os gráficos obtidos para todas as amostras provaram-se bastante semelhantes, apresentando picos que compreendiam principalmente quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), calcita ( $\text{CaO}$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). O grau de

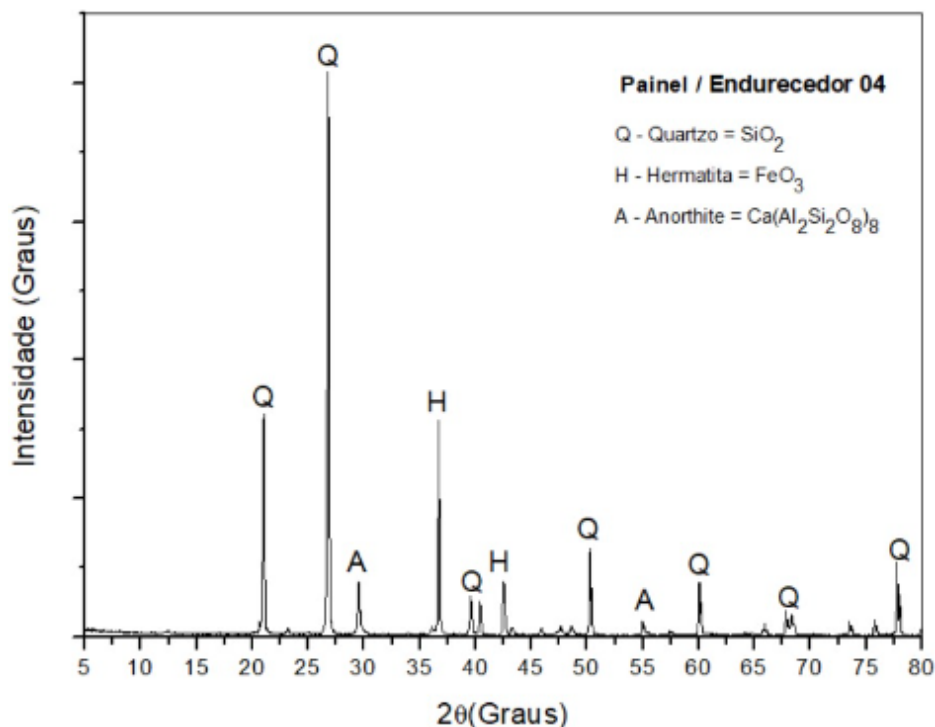
crystalização diferenciou cada difratograma, permitindo que picos menores revelassem mais detalhes de outros picos.

Assim, em alguns gráficos, foi possível observar a presença das quatro substâncias, enquanto em outros, apenas daquelas com picos mais proeminentes.

Figura 38- DRX do painel 1 sem e com endurecedores







Fonte: composição feita pelo autor

### 5.5.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise microscópica foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), de forma a se obter a morfologia das argamassas sem e com endurecedores. As micrografias foram obtidas em equipamento da marca Hitachi modelo TM-3000.

As técnicas de MEV foram usadas com o objetivo de avaliar e caracterizar as superfícies das amostras obtidas em relação às suas propriedades e composição. Escolheu-se, além da amostra referência, as amostras com maior e menor desempenho, que correspondem às seguintes faces do painei 1, respectivamente: sem endurecedor, com endurecedor 2, à base de flúor-silicato de magnésio e com endurecedor 4, com impregnação acrílica à base de água. Conduziu-se a análise microscópica para examinar a morfologia da argamassa.

Os resultados se encontram nas páginas seguintes.



Figura 39- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 sem endurecedor)

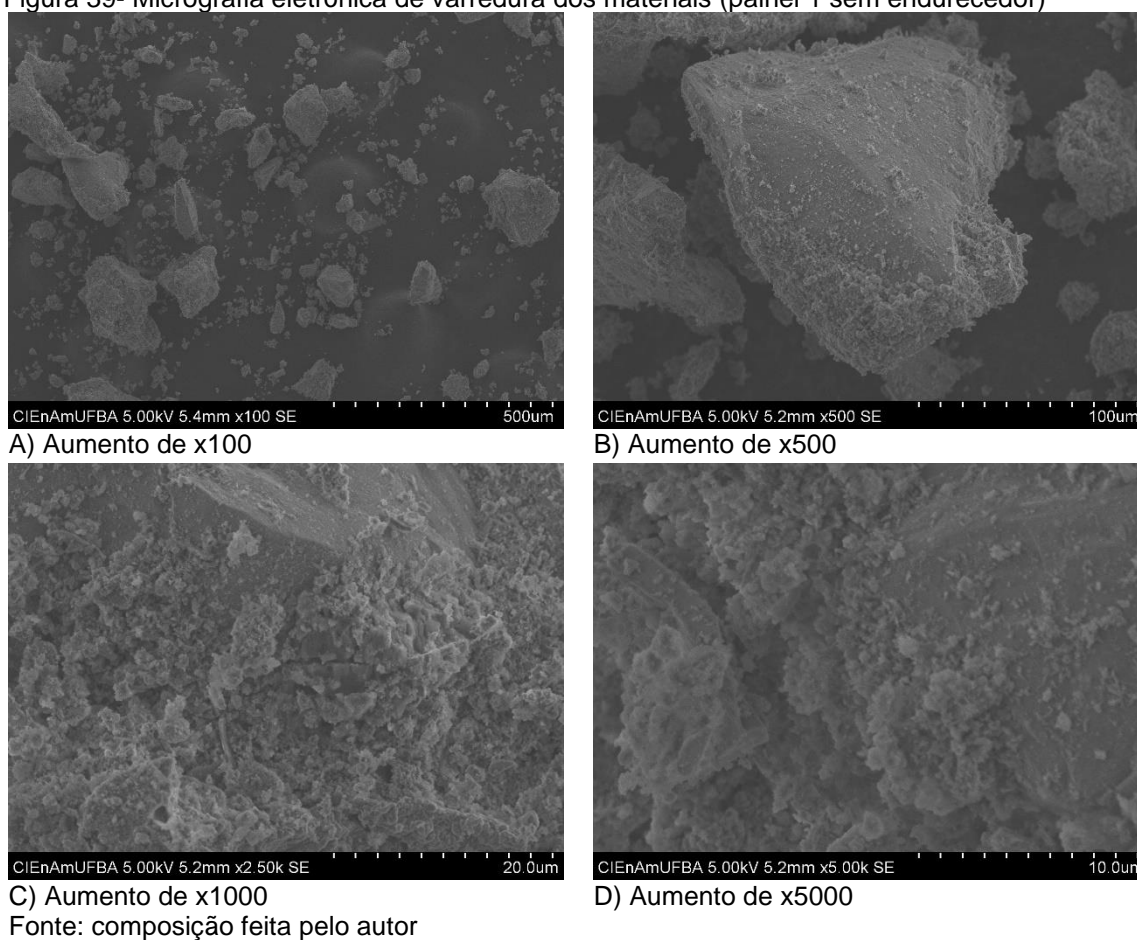
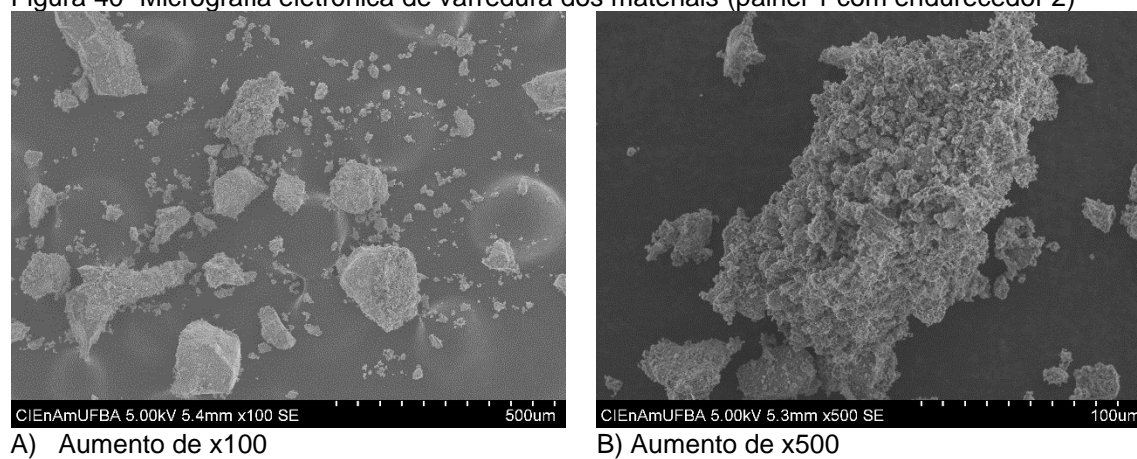
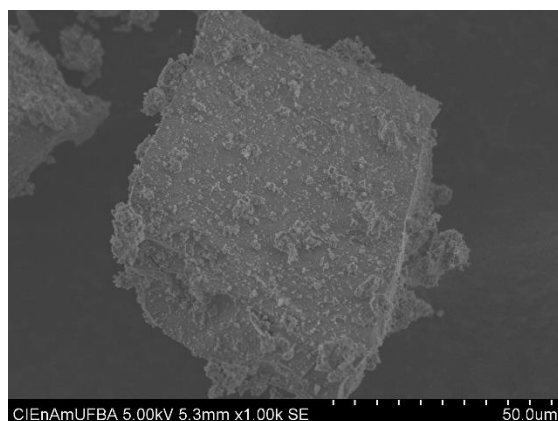


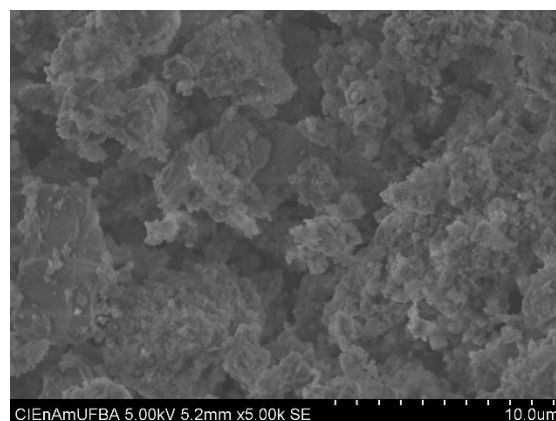
Figura 40- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 com endurecedor 2)





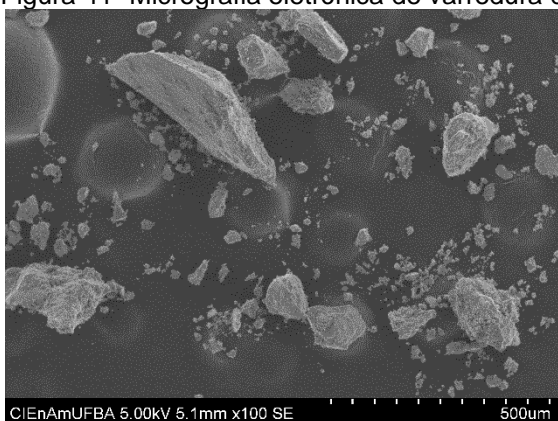
C) Aumento de x1000

Fonte: composição feita pelo autor

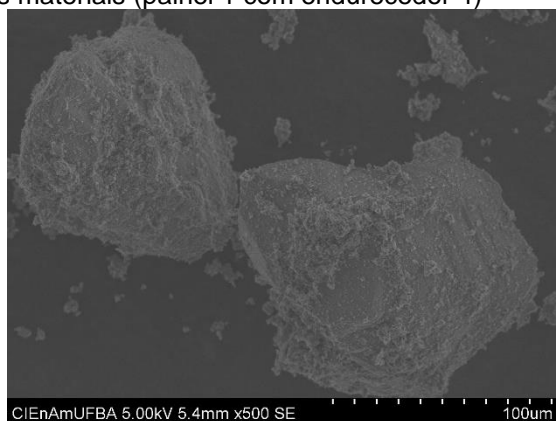


D) Aumento de x5000

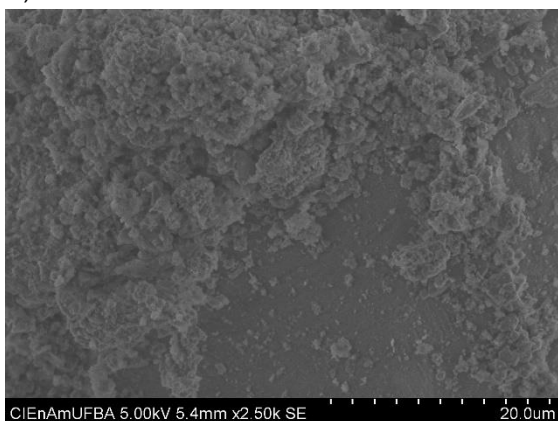
Figura 41- Micrografia eletrônica de varredura dos materiais (painel 1 com endurecedor 4)



A) Aumento de x100

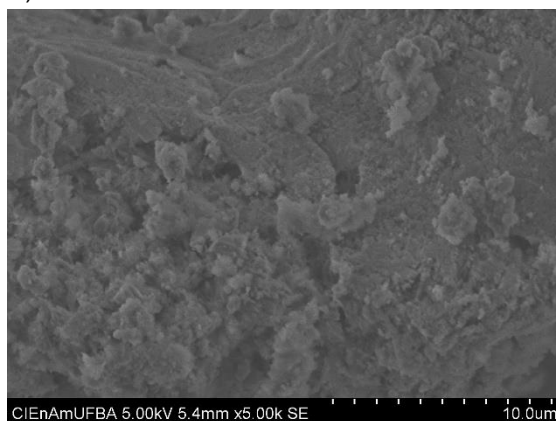


B) Aumento de x500



C) Aumento de x1000

Fonte: composição feita pelo autor



D) Aumento de x5000

Nas figuras 39, 40 e 41, acima, apresentam-se as micrografias eletrônicas de varredura (MEV) da argamassa do painel 1. Pode-se observar que a microestrutura é composta por grãos angulares e ásperos, alguns de tamanhos consideráveis (com diâmetro médio de 20  $\mu\text{m}$ ), os quais estão cobertos por grãos significativamente

menores, conferindo uma aparência pulverulenta ao material. Esse fenômeno pode resultar em uma maior retenção de água durante a mistura dos compostos.

Ao analisar a forma das partículas, observa-se que a amostra é heterogênea, com fragmentos de diferentes formas e tamanhos. As menores são arredondadas, enquanto as maiores são trapezoidais e pontiagudas. Enquanto as partículas menores têm cerca de 10  $\mu\text{m}$ , as maiores chegam a aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ . Portanto, as três amostras são bastante heterogêneas em relação ao tamanho de suas partículas.

### 5.5.3 Microscopia ótica

Ao realizar este ensaio, foi possível analisar a microestrutura dos compostos utilizados na mistura da argamassa. O ensaio foi realizado utilizando microscópio ótico digital, monocular, de ajuste focal de 3 a 60 mm, resolução de imagem de 1920x1080 da marca Haiz, pertencente ao Laboratório do Instituto de Engenharia e Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). As imagens foram coletadas usando escala de calibração com divisão de 0,1 mm e foram tratadas empregando o Software ImageJ.

As amostras foram retidas em corpos de prova cilíndricos medindo 50 x 30 mm, que foram cortados em uma serra e, antes de realizar o ensaio, as amostras foram lixadas passando pelas lixas de 80, 180 e 600, a fim de preparação.

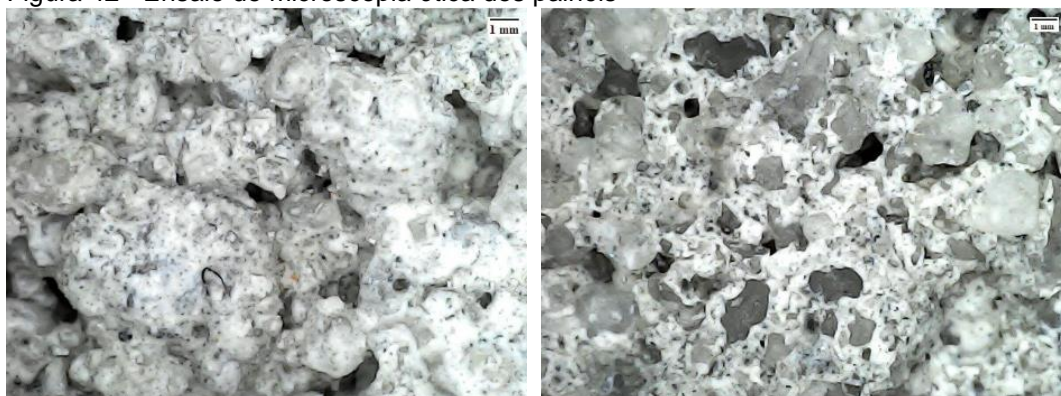
Segundo Oliveira *et al.*, 2002, o processo de ação do endurecedor de superfície opera da seguinte maneira: ao realizar uma troca iônica, ele adentra os poros capilares e de gel da pasta de cimento, reagindo principalmente com o hidróxido de cálcio. Essa reação desencadeia a formação de cristais de cálcio, magnésio e ferro dentro dos poros, cristais estes que são menores, mais rígidos e possuem maior estabilidade química. Como resultado, a superfície é selada, conferindo-lhe uma resistência aumentada ao desgaste superficial.

O ensaio de microscopia ótica mostra imagens da superfície dos corpos de provas através do uso de um microscópio ótico.

Na figura 42, na página seguinte, podem ser observados os aspectos da superfície antes e após a aplicação do endurecedor. Na figura A, são evidentes aberturas maiores nos poros, ao passo que, nas imagens com a argamassa tratada, nota-se o fechamento desses poros. Na figura E, observa-se uma eficácia ainda maior

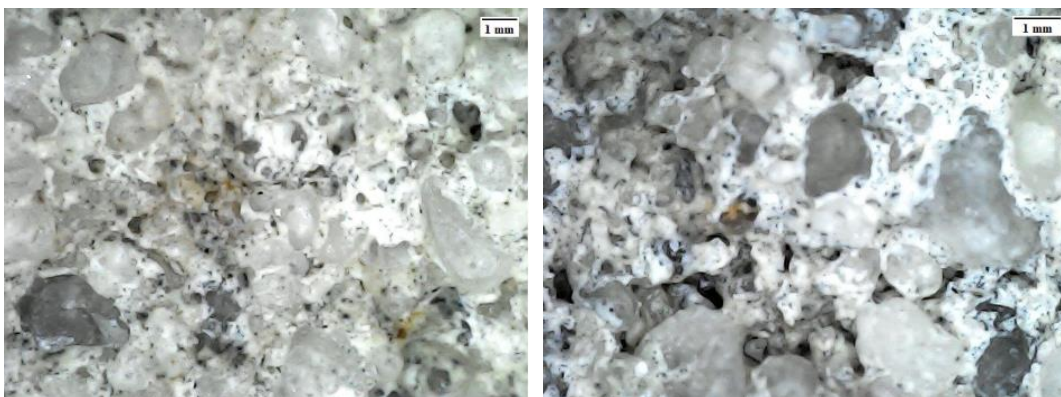
do endurecedor, pois há uma redução significativa nas aberturas dos poros. Ao comparar as fotografias anteriores, é possível notar a redução da pulverulência e uma melhor ligação das partículas inertes proporcionadas pelo endurecedor acrílico à base de água.

Figura 42 - Ensaio de microscopia ótica dos painéis



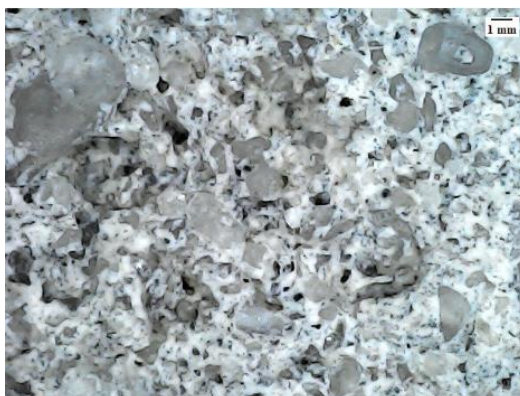
A) Sem endurecedor

B) Com endurecedor 1



C) Com endurecedor 2

D) Com endurecedor 3



E) Com endurecedor 4

Fonte: composição feita pelo autor

## 6. CONCLUSÃO

Durante esta pesquisa, desenvolveram-se argamassas tendo como principal base o uso de argilomineral (arenoso), para tanto construíram-se painéis com objetivo de avaliar os endurecedores de superfície. A hipótese testada era de que a eficácia da aplicação de endurecedor de superfície no desempenho mecânico-físico-químico-mineralógico do sistema de revestimento contendo argilominerais poderia melhorar o sistema de revestimento. Dentre o observado, destaca-se que:

- O uso de agregado miúdo muito fino, como areia natural e arenoso, resultou em uma quantidade insuficiente de pasta aglomerante e, conseqüentemente, exigiu um aumento no consumo de água, enfraquecendo a argamassa. Além disso, a adição de um aditivo plastificante, que incorpora ar na mistura, causou a interposição de microbolhas de ar na interface entre a pasta e o agregado. Esses aspectos, sem dúvida, contribuíram para a pulverulência excessiva do revestimento;
- Argamassas com maior teor de argilomineral apresentaram maior desempenho físico, como aumento de densidade de massa, de índice de retenção de água;
- As argamassas foram feitas intencionalmente com traços inadequados, resultando em baixos valores no seu desempenho mecânico de resistência à tração. Após a aplicação dos endurecedores de superfície, percebeu-se mudança nos resultados obtidos no que diz respeito ao seu desempenho mecânico em comparação com as argamassas sem endurecedores;
- Os endurecedores à base de silicato e silicato de sódio alcalino se destacaram com um desempenho superior, demonstrando um ganho de resistência de 203% e 138%, respectivamente, em comparação com a argamassa de referência;
- A aplicação dos endurecedores de superfície à base de silicatos e silicato de sódio alcalino sobre o revestimento solucionou a questão identificada na argamassa deste estudo. A introdução de endurecedor proporcionou melhorias significativas, contribuindo para superar essas limitações e aprimorar as características globais do revestimento;

- O sistema de aplicação de endurecedor de superfície, destinado a aumentar a resistência de aderência à tração, mostrou eficácia em substratos recém-aplicados;
- Embora os resultados dos ensaios de aderência à tração não tenham atendido às especificações mínimas estipuladas pela norma em todos os sistemas de endurecedores superficiais, observou-se um ganho semelhante de resistência à aderência à tração em quase todos os casos;
- A aplicação dos tratamentos cristalizantes com os endurecedores foi eficiente para melhorar a estanqueidade de ambas as argamassas, assim como também contribuiu para o aumento da resistência de aderência superficial;
- Os endurecedores desempenharam um papel significativo na impermeabilização parcial do sistema de revestimento, dificultando a penetração da água no substrato. O endurecedor tipo 4 (impregnação acrílica, à base de água) demonstrou maior eficiência nesse quesito, apesar de não apresentar melhoria na resistência de aderência à superfície;
- Por meio da análise mineralógica realizada por difração de raios-X foi possível conhecer o tipo de aglomerante utilizado na argamassa com argilomineral e com uso de endurecedores. Complementada pela microscopia eletrônica de varredura (MEV), com microanálise de raios-X (EDS) e com microscopia ótica foi possível caracterizar, com confiabilidade, a argamassa com argilominerais como sendo uma argamassa à base de arenoso;
- Os espectros de DRX das amostras das argamassas, tanto aquelas sem endurecedores quanto as com endurecedores, revelaram apenas picos característicos de quartzo (Q), hematita (H) e anortita (A). Esses resultados indicam a ausência de formação de novos compostos cristalinos na matriz, independentemente do traço utilizado ou do uso de endurecedores;
- A difração de raios-X possibilitou a análise mineralógica da argamassa, revelando as seguintes fases cristalinas presentes na amostra pulverizada: quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Os picos bem definidos nos gráficos indicaram a natureza cristalina do material;

- Por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), constatou-se que a argamassa é predominantemente composta por uma areia grossa, cuja composição é principalmente quartzosa. Além disso, uma matriz fina foi identificada como responsável pela adesão do conjunto, sendo composta atualmente por uma mistura íntima de calcita e quartzo.

O estudo destacou o potencial dos endurecedores de superfície na melhoria do desempenho físico, mecânico, químico e mineralógico das fachadas de argamassa de argilominerais durante o processo de restauração. No entanto, é importante ressaltar que este estudo foi conduzido em ambiente laboratorial. Portanto, é necessário realizar estudos em campo para avaliar a viabilidade da aplicação desses endurecedores em cada caso específico. A avaliação *in loco* permitirá uma compreensão mais abrangente dos desafios e das condições reais encontradas em obras, garantindo resultados mais precisos e eficazes.

Com este trabalho, espera-se contribuir positivamente para uma maior conscientização sobre a importância da reabilitação de edificações de fachada com argilominerais.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para aprimorar o programa experimental conduzido neste estudo, sugere-se para futuras pesquisas:

- Empregar o consumo de endurecedores de superfície de modo diferente do recomendado pelos fabricantes;
- Aplicação de endurecedores de superfície em substratos antigos;
- Preparar uma argamassa de reboco com uma composição ligeiramente aprimorada, visando alcançar uma resistência de aderência ligeiramente inferior aos padrões normativos, com o propósito de avaliar se os índices de ganho na resistência de aderência à tração dos produtos apresentam melhorias;
- Investigar a viabilidade da aplicação de endurecedores de superfície em revestimentos de argamassa pulverulenta com acabamento em pintura.



## REFERÊNCIAS

- AKIRA, F.H.; WITTMANN, H.; YOKOTA, P.; ZHANG, Water repellent surface impregnation for extension of service life of reinforced concrete structures in marine environments : the role of cracks. **Cement and Concrete Composites**. 32. (2) (2010).
- ALEXANDRE, S. D.; ARAUJO. L.; OLIVEIRA. M. **Aplicação de endurecedor de superfícies em argamassa de emboço de base para revestimento cerâmico: influência na resistência de aderência a tração**, São Paulo, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Civas, (Pós-Graduação *lato sensu*), Instituto IDD.
- ALMEIDA D., L.; CARASEK, H. Avaliação da Permeabilidade e da Absorção de Água de Revestimentos de Argamassa Pelo Método do Cachimbo. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS**. São Paulo, 2003.
- ALMEIDA, S. M. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico do concreto de cimento Portland através de ensaios de compressão simples e de frequência ressonante**. 2012. 231f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- ALVES, A. **Estudo da propriedade resistência superficial em revestimentos de argamassa**. Goiânia, 2009. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- ALVES. A.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Influência da umidade do revestimento na resistência superficial avaliada por diferentes métodos de ensaio**. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- ANFACER, Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos. **Dados do mercado brasileiro**. São Paulo. 2012. Disponível em: Acesso em: 29 mar. 2023.
- ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília** – sistematização da incidência de casos. 178p. 2010. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2010.
- ANTUNES, R. P. N. 2005. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Tese (Doutorado Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ARAÚJO, A., R. **Influência da utilização de resíduos de cerâmica vermelha nas propriedades de argamassas mistas**, dissertação, Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil (UFRN), Natal, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de revestimentos de argamassa**. ABCP, 2003.

\_\_\_\_\_. **Revestimentos de argamassa** - Tecnologia de argamassa. Porto Alegre, 2004. Disponível em:  
<[http://www.abcp.org.br/comunidades/poa/download/LNK05/GestaoRevestimento/Patologia %20e%20Normalizacao.pdf](http://www.abcp.org.br/comunidades/poa/download/LNK05/GestaoRevestimento/Patologia%20e%20Normalizacao.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2023.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 11578**: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1997. 5 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15258**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e Tetos: Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos: Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: Agregados para concretos. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2011. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9935**: Agregados-Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 (Partes 1-6)**: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013. 8 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016. 2 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018. 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528 (Partes 1-3)**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas- Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-2**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 2: sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2021.

AZEREDO, H. A. **O edifício e seu acabamento**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007, 192 p.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. Projeto e execução de revestimentos de argamassa. 4ª Ed. São Paulo: Nome da Rosa, 2008, 89 p.

BALTAZAR, J. *et al.* Surface skin protection of concrete with silicate-based impregnations: influence of the substrate roughness and moisture, **Construction and Building Materials**. 70. (2014) 191–200.

BARRETO, M. F. O.; BRANDÃO, P. R. G. Avaliação de aderência à tração de argamassas de Cimento Portland novas e envelhecidas. **21º CBECIMAT -**

**Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais.** Cuiabá - MT, Brasil, n. 1, p. 2665– 2672, 13. Nov. 2014.

BATTAGIN, A. F.; BATTAGIN, I. L. S. **O cimento Portland no Brasil.** In: ISAIA, Geraldo Cechella. Ed. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 24. p. 762-790.

BAUER, E. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. **In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas.** Salvador - BA, 1997.

BAUER, E. **Análise da fissuração de argamassa para revestimento de fachadas.** Relatório Técnico, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, 2000.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa - Características e peculiaridades.** 1. ed. BRASÍLIA: LEM-Universidade Federal de Brasília, SINDUSCON/DF, 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** São Paulo: Livros Técnicos e Científicos. Editora – 2 volumes – 5ª Edição – 1994.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora. Volume 2. 2008.

BAUER, R. J. F. *et al.* Influência dos endurecedores de superfície sobre a resistência ao desgaste por abrasão. **In: REIBRAC-IBRACON, 44,** Belo Horizonte - MG, 2002.

BAUER, R. J. F. Falhas em revestimentos. **In: (Org.) Materiais de construção.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC. v. 2, p. 903-945.2010.

BERTOLINI, B. *et tal.* **Polder, corrosion of steel in concrete:** Prevention, diagnosis, repair, John Wiley & Sons, 2013.

BLEICHER, L.; SASAKI, J. M. **Introdução à Difração de Raios-X em Cristais.** Apostila da Universidade Federal do Ceará, 2000.

BONAZZI, A.; FIENI, L. Uso e fortuna delle malte d'argilla nell'Italia settentrionale: prime ricerche su Cremona. **Revista Trimestral e di Restauro.** Milão: Franco Angeli, 1995, n. 1, p. 44-52.

**BS EN 1504-2.** Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity. In: Part 2: Surface protection systems for concretes, European Committee for Standardization, Brussels, 2004.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Construção Civil: Análise e perspectivas.** Brasília, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/files/textos/063.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2023.

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

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996, 285 p.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SANTOS, P. F. Estudo do comportamento das argamassas de assentamento contendo saibro. In: **III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, Goiânia: UFG/ANTAC, 1995. P.153 -164.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. In: **IV Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas.** ANTAC, Anais. 2001, Brasília. Brasil, p. 43-67. 2001.

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

CARREGOSA, J. D. C.; OLIVEIRA, R. M. P. B. Processamento e Caracterização de Compósitos Magnesianos com Adição de Grafite e Alumina. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS.** Anais. Natal: Associação Brasileira de Cerâmica, 2016. p. 1876 - 1887.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos industriais de concreto** - Aspectos teóricos e executivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

CINCOTTO, M. A. Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. In. Tecnologia das Edificações. São Paulo: **Revista Pini - IPT**, 1988.

CINCONTO, M. A; QUARCIONI, V; JONH, V. M. Cal na construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 22. p. 696-725.

CINTRA, C. L. D. **Argamassa para revestimento com propriedades termoacústicas, produzida a partir de vermiculita expandida e borracha reciclada.** 2013. 154f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais). Universidade de São Carlos, São Carlos, 2013.

COLEN, I. F.; BRITO, J.; FREITAS, V. P.; SILVA, L. A resistência superficial como característica de desempenho de rebocos exteriores. In: **II Encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios.** 2006. Portugal. Anais, Porto, Portugal. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. 10p.

COLEN, I. F. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção preditiva.** Lisboa, 2009. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. Portugal, 2009.

CORDER, G. W.; DALE I. 2011. **Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach**. John Wiley & Sons.

COSTA, E. B. C. **Análise de parâmetros influentes na aderência de matrizes cimentícias**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2014.

DAI, J. G. *et al.* Water repellent surface impregnation for extension of service life of reinforced concrete structures in marine environments: The role of cracks. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 2, p. 101–109, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.001>>.

DANG, Y. *et al.* Accelerated laboratory evaluation of surface treatments for protecting concrete bridge decks from salt scaling. **Construction and Building Materials**, v. 55, p. 128-135, Mar. 2014

DELUCCHI, A.; BARBUCCI, G. Cerisola, Study of the physico-chemical properties of organic coatings for concrete degradation control. **Construction and building materials**. 11 (7) (1997). p.365–371.

DE VRIES, I. J.; POLDE, R. B. Hydrophobic treatment of concrete. **Construction and Building Materials**. 11 (4) (1997) 259–265.

DO, O. S. W. **Análise da retenção de água em argamassas de revestimento aditivadas**. Brasília, 2004. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília.

DU, H. K.; TAN, H., Use of waste glass as sand in mortar: Part II - alkali-silica reaction and mitigation methods. **Cement and Concrete Composites**. 35 (1) (2013) 109–117.

ERNANI, P. R. **Química dos solos e disponibilidade de nutrientes**. Lages, 2008. 230 p.

FERREIRA, B. B. D.; SILVA, A.P.; CARVALHO, J.A.N. Tipificação de patologias em revestimentos argamassados. **Ambiente Construído**.v.2, n.1. p. 40–43. jun. 2010.

FERREIRA, B. B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FIORITO, J. S. I. Manual de argamassas e revestimentos. **Revista Pini**, São Paulo, 1994. P.104 e 130.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: 2.<sup>a</sup> ed. PINI, 2009.

FLORES, I. **Estratégias de manutenção** - Elementos da envolvente de edifícios correntes. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002.

FORMOSO, M. L. L. *et al.* Occurrence of bentonites in southern south america. **Proceedings Of 12th International Clay Conference**. v.1, p.93 - 100, 2003

FRANZONI, E.; PIGINO, B.; PISTOLESI, C. **Ethyl silicate for surface protection of concrete**: Performance in comparison with other inorganic surface treatments. *Cement and Concrete Composites*, v. 44, p. 69–76, 2013.

GARBACZ, A.; COURARD, L.; KOSTANA, K. Characterization of Concrete Surface Roughness and Its Relation to Adhesion in Repair Systems. **Materials Characterization**, v. 56, n. 4, p. 281- 289, 2006.

GARCÍA, A.; FRESNO, D. C.; POLANCO, J. A. Effect of dry-shaking treatment on concrete pavement properties. **Construction and Building Materials**. v. 22, n. 11, p. 2202-2211, Nov. 2008.

GASPAR, P.; BRITO, J. Mapping defect sensitivity in external mortar renders. **Construction and Building Materials**, v. 19, p. 571-578, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: **Revista Atlas**, 2010.

GOMES, A. O. **Influência dos argilominerais nas propriedades das argamassas de revestimento em Salvador**: uma contribuição à qualidade ambiental. 2000. 248 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

GOMES, A. O; NEVES, M. C. M. Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais. **Ambiente Construído**. v. 2, n. 2, p. 19–30. 2002.

GOMES C. S. F. **Argilas**. Aplicações na indústria. Ed. O liberal, Empresa de Artes Gráficas Ltda. Aveiro. Portugal. 2002.

GOMIDE, T. L. F. *et al.* **Técnicas de inspeção e manutenção predial: vistorias técnicas, check-up predial, normas comentadas, manutenção X valorização patrimonial, análise de risco**. São Paulo: Editora PINI, 2006.

GONÇALVES, A. **Emprego de adições minerais para mitigação de reações expansivas internas**. ASCP'09 – 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes ASCP Lisboa – 2 e 3 de jul. 2009.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos de argamassa**: estudo de caso. Brasília, 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004

HANSSON, L.; MAMMOLITI, B.B. HOPE, Corrosion inhibitors in concrete—part I: the principles, **Cement and concrete**. Res. 28 (12) (1998) p.1775–17.

HENRIQUES, F. *et al.* **Materiais pétreos e similares** - terminologia das formas de alteração e degradação. Informação Técnica, Patologia e Reabilitação das Construções 2, Lisboa, LNEC, 2004.

IBRAHIM, M. A.S. *et al.* Use of surface treatment materials to improve concrete durability. **Journal of Materials Civil**. Eng. 11 (1) (1999) 36–40.

JANTSCH, A. C. A. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

JOHN, V.M.; CREMONINI, R.A. Manutenção dos edifícios: uma visão sistêmica. In: **10º SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: A MANUTENÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**, São Paulo, 1989. Anais. p. 115-28.

JIANG, X. *et al.* The investigation of factors affecting the water impermeability of inorganic sodium silicate-based concrete sealers. **Construction and Building Materials**. V. 93.2015. p. 729–736.

JUNG, C. F. **Metodologia científica e tecnológica: módulo 3 – Variáveis e constantes**. Campinas, 2009. Disponível em: [www.dsce.fee.unicamp.br/antenor/mod3.pdf](http://www.dsce.fee.unicamp.br/antenor/mod3.pdf). Acesso em: 13 mai. 2023.

KAGI; D. A.; REN, K. B. Reduction of water absorption in silicate treated concrete by post-treatment with cationic surfactants. **Building and Environment**, v. 30, n. 2, p. 237-243, 1995.

KUPWADE – PATIL, K. *et al.* Corrosion mitigation in reinforced concrete beams via nanoparticle treatment. **ACI Materials**. J. v.109 (6), 2012.

LARA, D. *et al.* Dosagem das argamassas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia: UFG; ANTAC, 1995. p. 63-72.

LARA, I. M. M. **Metodologia e Tratamento de Fissuras em Fachadas com Revestimento de Pintura**. MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção. Instituto de Pós-Graduação - IPOG Brasília, DF, 2016.

LEINZ V. **Geologia Geral**. Companhia Editora Nacional. 14ª. Ed. 399 p. 2005.

LINCHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**: procedimento para formulação dos diagnósticos de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.



MANSUR, A. A. P. **Mecanismos físico-químicos de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Metodologia científica: ciência e conhecimento científico; métodos científicos; teoria, hipóteses e variáveis; metodologia jurídica. 3. ed. **Revista Ampla**. São Paulo: Atlas, 2000.

MARTINS, G. M. *et al.* **Uso de agentes endurecedores de superfície no tratamento superficial em concreto revisão da literatura**. IV CBPAT. pg. 1438–1448, 2020.

MEDEIROS, J. S. *et al.* **Tecnologia de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro: Instituto de Aço Brasil / CBCA, 2014. 128p. (Série Manual de Construção em Aço).

MEDEIROS, M. Efficiency of surface protection systems for concrete: water absorption, chloride migration and contact angle. **Revista Materia**, p. 145–159, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Ibracon, 2008. 674 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 2ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MOON, D.G. *et al.* **Evaluation of the durability of mortar and concrete applied with inorganic coating material and surface treatment system**. Constr. Build. Mater. v.21.(2), 2007.p.362–369.

MORENO JUNIOR, R.; SELMO, S. M. S. **Aderência de Argamassas de Reparo de Estruturas de Concreto**. São Paulo, 2007. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.

MORENO, M. M. T. **Argilas**: composição mineralógica, distribuição granulométrica e consistência de pastas granulométrica e consistência de pastas. 2012.125f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, São Paulo, 2012.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto**: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007

NAIK, T. R.; SINGH S. S.; RAMME B. W. Effect of source of fly ash abrasion resistance of concrete. **Journal of Materials in Civil Engineering**. n. 14, p. 417-426, 2002.

- NAIK, T. R., SINGH, S. S., HOSSAIN, M. M. Abrasion resistance of high strength concrete made with class C fly ash. **ACI Materials Journal**. v. 92, n. 66, p. 649-659, 1995.
- NAKAKURA, E. H.; INCOTTO, M. Análise classificação das argamassas industrializadas segundo a NBR 13281 e a MERUC. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, 5, 2003. São Paulo: EPUSPPCC/ ANTAC, p. 129-136.
- NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. (Boletim Técnico, n. 359), São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004.
- NEVES, C. *et al.* A influência do Caulim no Comportamento das Argamassas de Revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. Anais. Goiânia: UFG/ANTAC, 1995. p.219-225.
- NEVES, C. *et al.* Arenosos da Região Metropolitana de Salvador – Características para seu emprego em argamassas. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. 1997.
- NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. Tradução de Salvador E. Giamusso. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo. **Revista Pini**, 1997.
- OLIVEIRA, T. C. M. **Argamassas bastardas e suas características físicas, químicas e tecnológicas**. Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1995. Dissertação de mestrado. p. 85.
- OLIVEIRA, P. S. F.; TULA, L. Tratamento anti-pó para pisos de concreto com endurecedores de superfície químicos à base de flúor-silicatos metálicos. **Revista Pisos Industriais**, 5<sup>a</sup> ed. SP, 2006.
- OLIVEIRA, P. S. F.; TULA, L. Tratamento superficial de pisos com endurecedores químicos. **Revista Técnica**. São Paulo, ed. 65, ano 10, p. 77-79, jan. 2002.
- PALLADIO, A. **I quattro libri dell'architettura** (Veneza, Dominico de'Franceschi, 1570), fac-símile, Milão, Hoepli, 1968. L. I, Cap. IV, p. 8.
- PAN, X. *et at.* **Effect of inorganic surface treatment on air permeability of cement-based materials**, J. Mater. Civ. Eng. 2015.
- PAN, X. *et al.* **Effect of inorganic surface treatment on surface hardness and carbonation of cement-based materials**. Cement and Concrete Composites, v. 90, n. March, p. 218–224, 2018.
- PARAGUASSÚ, I. M. **Elaboração de endurecedor químico de superfície à base de silicato de sódio e silicato de lítio para aplicação em pavimentos de concreto**. Dissertação (Mestrado) / Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA - Volta Redonda:, 2017. 88 p.

PCIZIECZEK, A. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de argamassa para revestimento utilizando cinza volante e resíduos de borracha de pneus inservíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UDESC. 2017.

PEREIRA, C.H.A.F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa**. 2007. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil), Publicação: E.TD – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 195p.

PEREIRA, R.; REGO, W.; FERREIRA, S. **Manifestações patológicas em revestimentos de argamassas com argilominerais**. X Congresso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción. 2009.p 1-13.

PEREIRA, E.; SILVA, I. J.; COSTA, M. R. M. M. Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 139-149, abr./jun. 2013.

PICCOLI, G. M.; SILVA, P. L. F.; TOMASELLI, C. A. **Pisos de concreto de alto desempenho** - Tecnologia de crescente aplicação. In: REIBRAC-IBRACON, 39, São Paulo - SP, 1997.

PIMENTEL, M. G.; PAES, I. N. L. Análise microestrutural de argamassa de revestimento com substituição parcial do agregado natural por sedimento do rio Amazonas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**. Anais. Goiânia, 2019.

QUARCIONI, V. A.; CINCOTTO, M. A. Influência da Cal em Propriedades Mecânicas de Argamassas. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, 6., 2005, Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC; ANTAC, 2005. p. 233-250.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. **Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas**. Boletim Técnico 233, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

RASHAD, A. M. A preliminary study on the effect of fine aggregate replacement with metakaolin on strength and abrasion resistance of concrete. **Construction and Building Materials**. n. 44, p. 487-495, 2013.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa**. 2º ed. Porto Alegre: EDIPURS, 2012. 188p.

RÊGO, W., AMORIM. **Caracterização física dos argilominerais da região metropolitana do Recife utilizados em argamassas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2008.

RIBEIRO, D.; VIEIRA, S.; VIEIRA, R.; RIBEIRO. **Correlação entre os índices físicos de argamassas produzidas com diferentes materiais inertes, as**

**manifestações patológicas e as propriedades do revestimento** Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT. 2016. p. 1–12

RIBEIRO, L. P. Alguns aspectos dos solos da cidade de Salvador e suas relações com processos de degradação. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 3, p. 59 - 73, dez. 1991.

RODRIGUES, P. P. F. *et al.* **Manual Gerdau de pisos industriais**. Ed. PINI, 1ª ed., São Paulo 2006. 109p.

RODRIGUES, P. P. F.; MONTARDO, J. P. **A Influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos**. Inst. Bras. Concreto, 2002. 16 p.

ROMÉRIO, M. A.; SIMÕES, J. R. L. A importância do detalhamento de componentes construtivos de fachadas nos edifícios. In: **I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, Goiânia, 1995. Anais. p. 441-53

RUDUIT, F. R. **influência da cura de chapiscos na aderência em substratos de concreto**. Porto Alegre, 2009. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SANTIAGO, C. C. **Argamassas tradicionais de cal**. Salvador: EDUFBA, 2007. 202 p. ISBN 978-85- 232-0887-5. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

SANTIAGO, Cybele, C. Universidade; FEDERAL, Universidade; et al. **O Restauro De Argamassa**. p. 67–79, 2012.

SANTOS, H. B. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimentos** Belo Horizonte, 2008. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Publicação E.D. M. - 011A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 212p. 2017.

SANTOS, W.J. **Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 179p.2014.

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**, 2006. 266p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, Brasília-Distrito Federal, 2006.

SILVA, F. G. S.; BAUER, E. Avaliação da fissuração em argamassas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS**. Anais. Curitiba, 2009.

SILVA, J. M.; ABRANTES, V. Patologia em paredes de alvenaria: causas e soluções. In: **Seminário sobre paredes de alvenaria – Inovação e possibilidades atuais**. Universidade do Minho. Lisboa, 2007.

SILVA, R.; OLIVEIRA, D; VIEIRA, R. **Levantamento quantitativo de manifestações patológicas de fachadas em edificações multipavimentos na área urbana**. Confea. Org.Br, 2016. Disponível em: [http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/levantamento quantitativo de manifestações patológicas de fachadas em edificações multipavimentos na área urbana central de patos de minas - mg.pdf](http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/levantamento_quantitativo_de_manifestações_patológicas_de_fachadas_em_edificações_multipavimentos_na_área_urbana_central_de_patos_de_minas_-_mg.pdf). Acesso em 5 mai. 2023.

SINAPROCIM, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Números. **Dados do setor cimentício**. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <http://snic.org.br/numeros-dosetor.php>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SONG, Ha-Won *et al.* Estimation of the permeability of silica fume cement concrete. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 3, p. 315-321, 2010.

SOUSA, A. K D; **Argamassas do grupo escolar Augusto Severo/RN: caracterização e incidência de manifestações patológicas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

STACK, A.; MANCIO, M.; MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J.M. **Low-cost and sustainable self-consolidating concrete with fly ash and limestone powder**. ACI Materials Journal. 2011.

STOLZ, C. M.; MASUERO, A. B. Analysis of Main Parameters Affecting Substrate/Mortar Contact Area Through Tridimensional Laser Scanner. **Journal of Colloid and Interface Science**. v. 455, p. 16-23, 2015.

TAN, K.; CHAN, B.; GUAN, L. Ultrasonic evaluation of cement adhesion in wall tiles. **Cement e Concrete Composites**.1996. p.15.

TEIXEIRA, W.T.; TAIOLI, F.; FAIRCHILD, T.; TOLEDO, M.C.M. **Decifrando a terra**. Editor, Oficina de Textos. São Paulo.557p. 2010.

TEMOCHE, J. F.E. *et al.* Avaliação da influência das condições de execução do emboço na resistência de aderência do revestimento cerâmico externo. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, VI**. 2005. Florianópolis. Anaid. Florianópolis: UFSC, 2005. P.454 – 465.

THOMPSON J. L. *et al.* Characterization of silicate sealers on concrete. **Cement and Concrete Research**. 27, 10: pp. 1561-1567, 1997.

TORRES, D. R.; FUJII, A. L.; ROMANO, R. C. O.; PILEGGI, R. G. Impacto da rota de incorporação de ar nas propriedades de materiais formulados com cimento Portland. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 141-152, abr./jun. 2014.

TORRES, I.; MATIAS, G. **Sustainable mortars for rehabilitation of old plasters.** *Engineering Structures*, [s.l.], v. 129, p.11-17, dez. 2016. Elsevier BV.

UZAC, R. *et al.* **Essais de Qualification des Surfaces Peintes.** Cahiers du Centre Scientifique Technique du Bâtiment (CSTB), Paris (89), Cahier 695, Juin 1966.

VEIGA, M. R. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes – contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação.** Portugal, 1997, 458 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

VEIGA, M. R.; CARVALHO, F. **Experimental characterisation of lime based rendering and repointing mortars. Definition of relevant laboratorial and in situ tests.** Atenas, National Technical University of Athens, Dez. 2000.

VEIGA, M. R. *et al.* Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos. **Coleção Conservação e reabilitação de edifícios**, Lisboa: LNEC, 2004, 126 p.

VIECILI, F. A. **Influência da utilização dos endurecedores superficiais cimentícios na resistência à abrasão de pisos industriais de concreto**, 2004. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Mestrado Profissionalizante, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WETZEL, A.; ZURBRIGGEN, R.; HERWEGH, M. Spatially Resolved Evolution of Adhesion Properties of Large Porcelain Tiles. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 5, p. 327-338, maio, 2010.

WITZLEBEN, S. T. Acceleration of Portland cement with lithium, sodium and potassium silicates and hydroxides. **Materials Chemistry and Physics**, v. 243, n. July 2019, p. 122608, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122608>>. Acesso em : 20 mar. 2023.

YOON, I. Chloride penetration through cracks in high-performance concrete and surface treatment system for crack healing, **Adv. Mater. Sci. Eng.** (2012).

ZAPA, J. The Impact of Lithium Nitrate on the Physical and Mechanical Properties of Portland Cement. **Cement and Concrete Composites**. 2018, pp. 1–8, 04002.

ZORANO S. S. ; BARBOSA R.V. N.; SILVEIRA; DIAS, L.G. Geology and tectonics of the Boa Vista Basin (Paraíba, northeastern Brazil) and geochemistry of associated Cenozoic tholeiitic magmatism. **Journal of South American Earth Sciences**. 18: p. 391–405.2005.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Resistência de aderência à tração superficial painel 1

CP	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência (MPa)	Forma de Ruptura (%)					
						a	b	c	d	e	f
<b>Painel 01/ Sem endurecedor</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	2099	1,09	10	90	-	-	-	-
2	29,3	49,5	1924,4	2059	1,07	15	85	-	-	-	-
3	28,7	49,5	1924,4	1697	0,88	0	100	-	-	-	-
4	28,5	49,5	1924,4	1334	0,69	0	100	-	-	-	-
5	30,5	49,5	1924,4	882	0,46	0	100	-	-	-	-
6	32,5	49,5	1924,4	970	0,50	5	95	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,79			-	-	-	-
<b>Painel 01/ Com endurecedor 01</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	2667	1,39	15	85	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	1991	1,03	15	85	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	1569	0,82	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	1549	0,80	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	1108	0,58	0	100	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	1491	0,77	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,81			-	-	-	-
<b>Painel 01/ Com endurecedor 02</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1206	0,63	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1177	0,61	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1167	0,61	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1432	0,74	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1069	0,56	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1697	0,88	5	95				
<b>Média</b>					0,62						
<b>Painel 01/ Com endurecedor 03</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	906	0,47	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1549	0,80	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	2079	1,08	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1598	0,83	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1373	0,71	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1677	0,87	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,82	-	-	-	-	-	-
<b>Painel 01/ Com endurecedor 04</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	667	0,35	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1137,57	0,59	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1010	0,52	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1559	0,81	5	95				
5	8,5	49,5	1924,4	1392	0,72	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	775	0,40	5	95	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,56	-	-	-	-	-	-

## APÊNDICE B – Resistência de aderência à tração superficial painel 2

CP	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência (MPa)	Forma de Ruptura (%)					
						a	b	c	d	e	f
<b>Painel 02/ Sem endurecedor</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1019	0,53	0	100	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	834	0,43	0	100	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	814	0,42	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	873	0,45	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	863	0,45	0	100	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	628	0,33	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,44	-	-	-	-	-	-
<b>Painel 02/ Com endurecedor 01</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	2138	1,11	0	100	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	1098	0,57	0	100	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	1510	0,78	5	95	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	1716	0,89	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	1706	0,89	5	95	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	1559	0,81	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,85	-	-	-	-	-	-
<b>Painel 02/ Com endurecedor 02</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1549	0,80	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1393	0,72	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1089	0,57	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1049	0,55	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1049	0,55	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1491	0,77	0	100				
<b>Média</b>					0,64						
<b>Painel 02/ Com endurecedor 03</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	981	0,51	10	90				
2	8,5	49,5	1924,4	1540	0,80	10	90				
3	8,5	49,5	1924,4	1755	0,91	15	85				
4	8,5	49,5	1924,4	1510	0,78	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1108	0,58	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1657	0,86	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,79	-	-	-	-	-	-
<b>Painel 02/ Com endurecedor 04</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	834	0,43	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	765	0,40	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	569	0,30	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	579	0,30	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1579	0,82	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	834	0,43	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,42	-	-	-	-	-	-



## APÊNDICE C – Resistência de aderência à tração superficial painel 3

CP	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência (MPa)	Forma de Ruptura (%)					
						a	b	c	d	e	f
<b>Painel 03/ Sem endurecedor</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	412	0,21	0	100	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	598	0,31	0	100	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	520	0,27	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	579	0,30	10	90	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	735	0,38	15	85	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	314	0,16	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,29			-	-	-	-
<b>Painel 03/ Com endurecedor 01</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1667	0,87	15	85	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	1863	0,97	0	100	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	1451	0,75	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	1716	0,89	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	1795	0,93	0	100	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	1687	0,88	10	90	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,88			-	-	-	-
<b>Painel 03/ Com endurecedor 02</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1373	0,71	5	95				
2	8,5	49,5	1924,4	1353	0,70	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1157	0,60	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1294	0,67	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	941	0,49	5	95				
6	8,5	49,5	1924,4	1412	0,73	0	100				
<b>Média</b>					0,69						
<b>Painel 03/ Com endurecedor 03</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1049	0,55	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1667	0,87	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1422	0,74	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	716	0,37	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1010	0,52	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	824	0,43	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,53			-	-	-	-
<b>Painel 03/ Com endurecedor 04</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	520	0,27	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	637	0,33	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	853	0,44	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	683	0,35	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	843	0,44	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	569	0,30	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,34			-	-	-	-

## APÊNDICE D – Resistência de aderência à tração superficial painel 4

CP	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistên- cia (MPa)	Forma de Ruptura (%)					
						a	b	c	d	e	f
<b>Painel 04/ Sem endurecedor</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	834	0,43	0	100	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	863	0,45	15	85	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	1167	0,61	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	1177	0,61	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	1040	0,54	0	100	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	863	0,45	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,49			-	-	-	-
<b>Painel 04/ Com endurecedor 01</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1432	0,74	0	100	-	-	-	-
2	8,5	49,5	1924,4	2089	1,09	0	100	-	-	-	-
3	8,5	49,5	1924,4	1236	0,64	0	100	-	-	-	-
4	8,5	49,5	1924,4	1549	0,80	0	100	-	-	-	-
5	8,5	49,5	1924,4	1520	0,79	0	100	-	-	-	-
6	8,5	49,5	1924,4	1393	0,72	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,77			-	-	-	-
<b>Painel 04/ Com endurecedor 02</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1579	0,82	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1304	0,68	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1245	0,65	5	95				
4	8,5	49,5	1924,4	1432	0,74	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1481	0,77	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1255	0,65	5	95				
<b>Média</b>					0,71						
<b>Painel 04/ Com endurecedor 03</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	1569	0,82	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1824	0,95	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	1236	0,64	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1736	0,90	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	1991	1,03	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1098	0,57	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,86	-	-	-	-	-	-
<b>Painel 04/ Com endurecedor 04</b>											
1	8,5	49,5	1924,4	981	0,51	0	100				
2	8,5	49,5	1924,4	1628	0,85	0	100				
3	8,5	49,5	1924,4	755	0,39	0	100				
4	8,5	49,5	1924,4	1079	0,56	0	100				
5	8,5	49,5	1924,4	941	0,49	0	100				
6	8,5	49,5	1924,4	1530	0,80	0	100	-	-	-	-
<b>Média</b>					0,54			-	-	-	-

APÊNDICE E – Corpos de prova (NBR 13528-2/2019 – Determinação da resistência de aderência à tração)

APÊNDICE E1 – Painel 1 (figuras 43 a 47)

Figura 43 – Painel 1 sem endurecedor

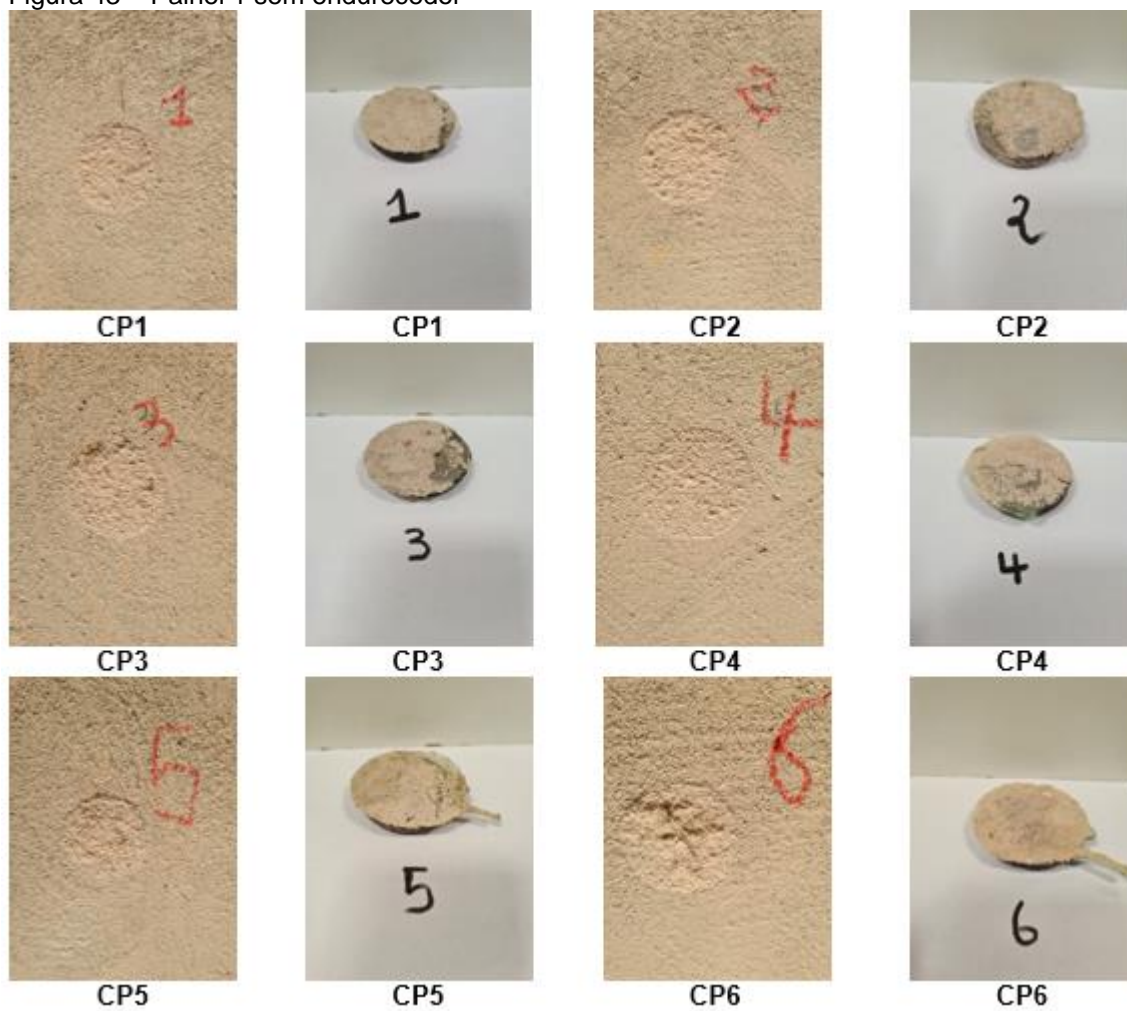


Figura 44 – Painel 1 com endurecedor 1

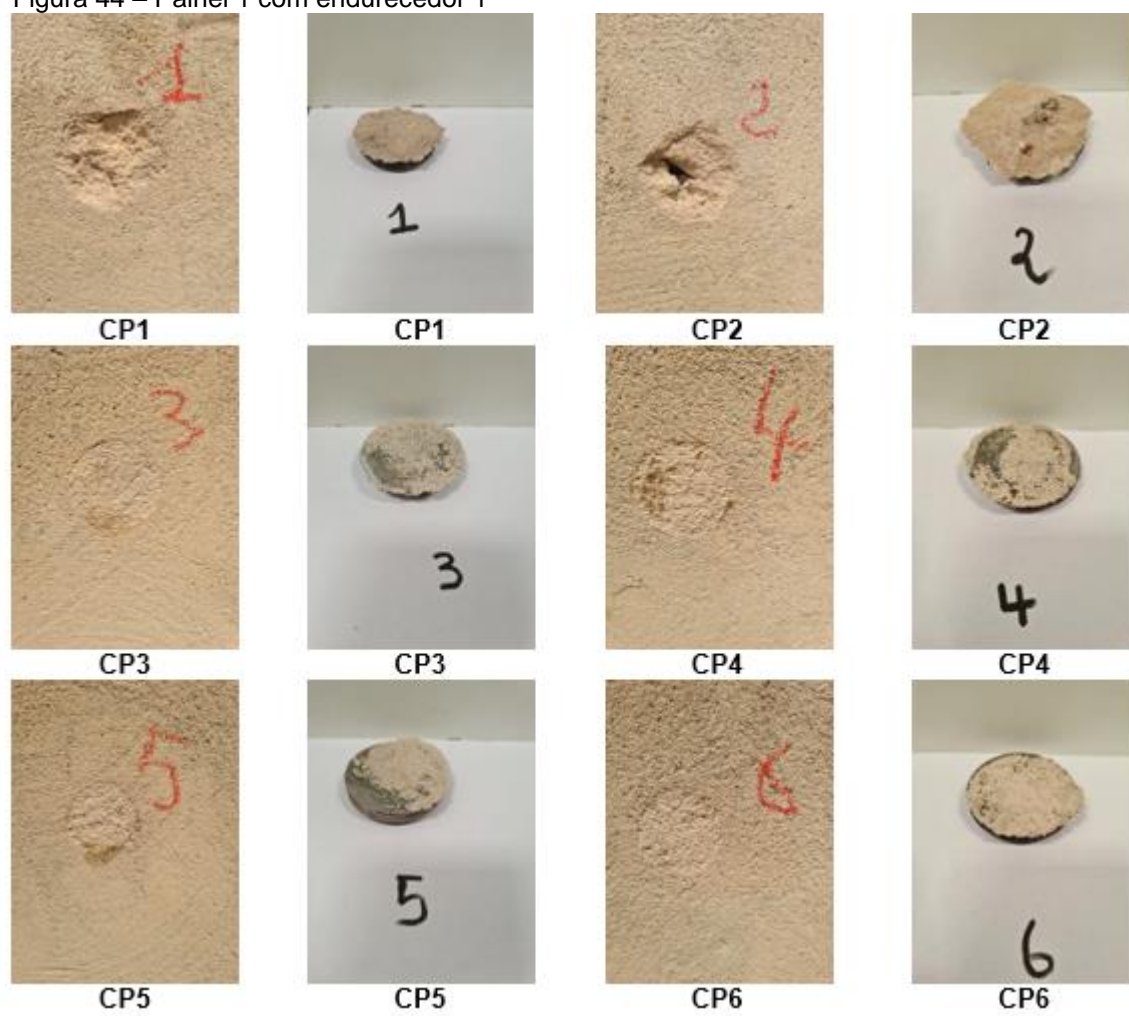


Figura 45 – Painel 1 com endurecedor 2

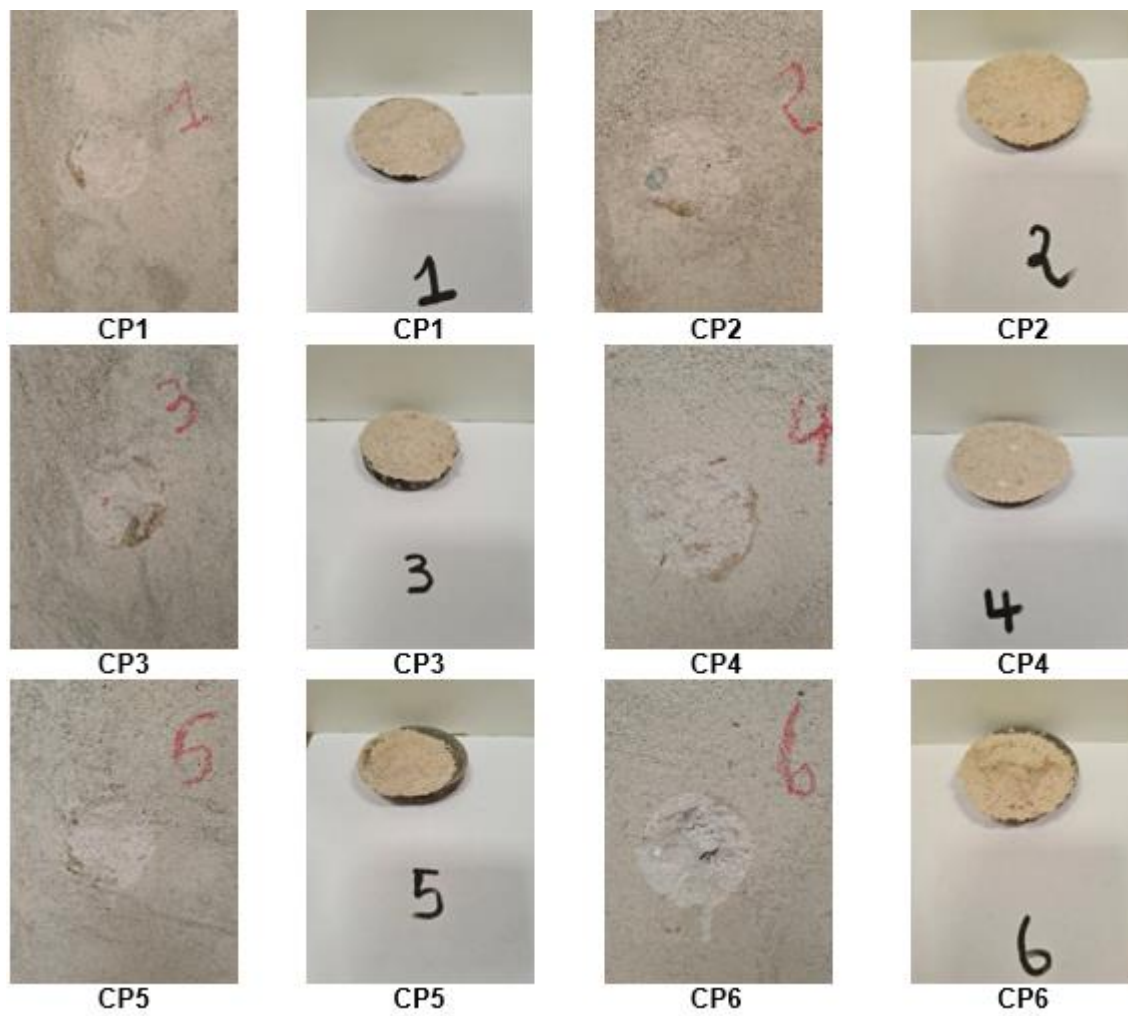


Figura 46 - Painel 1 com endurecedor 3

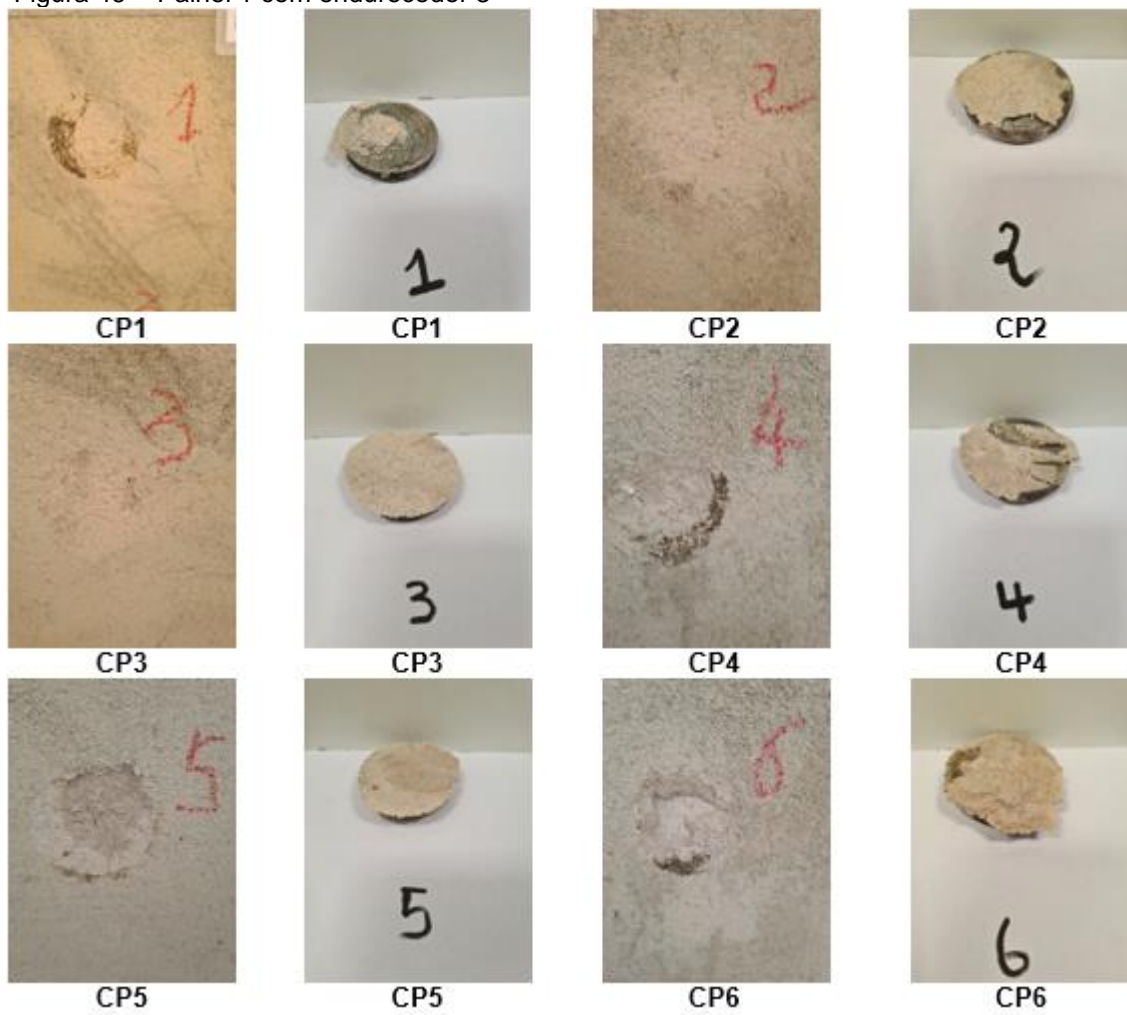
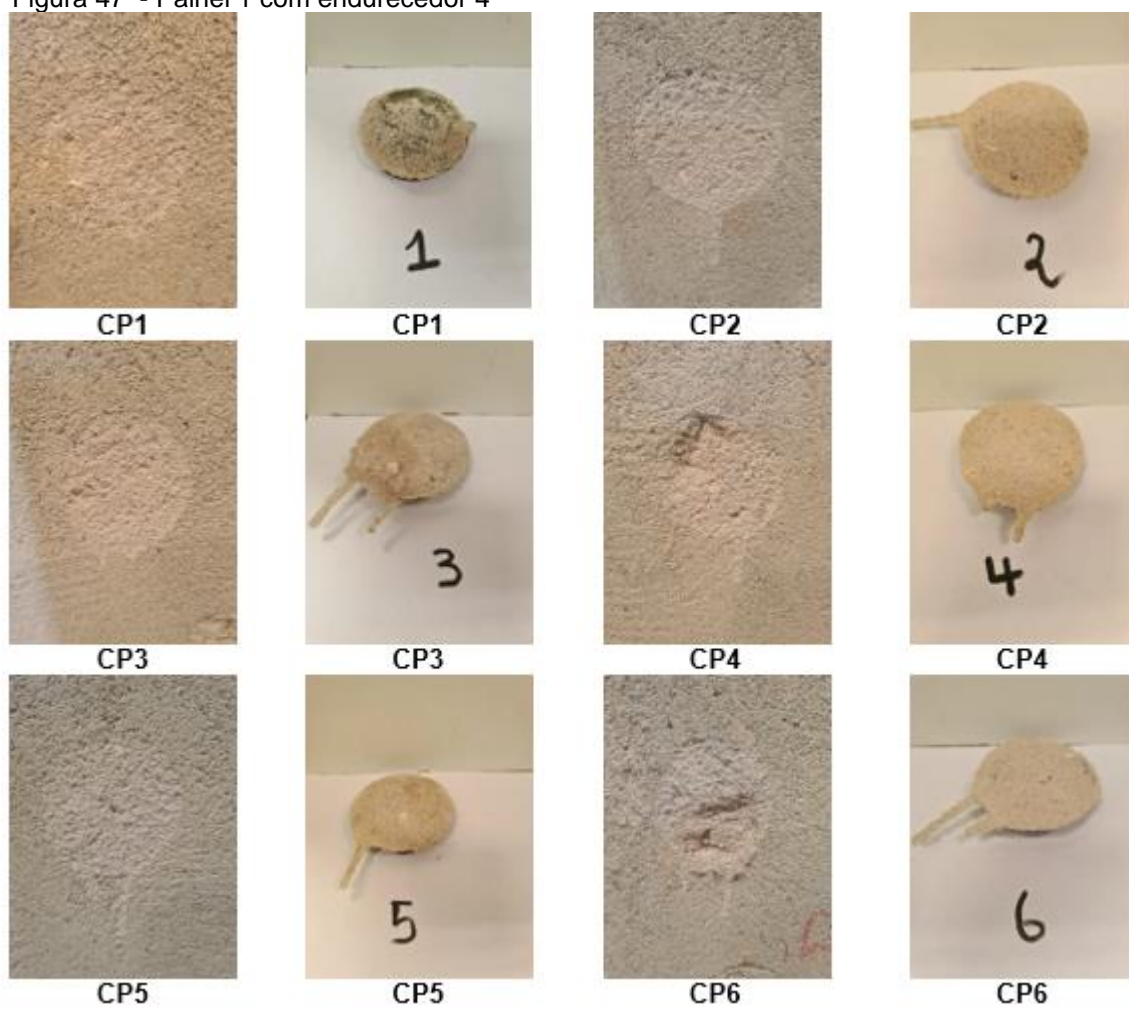


Figura 47 - Painel 1 com endurecedor 4





## APÊNDICE E 2 – Painel 2 (figuras 48 a 52)

Figura 48 - Painel 2 sem endurecedor

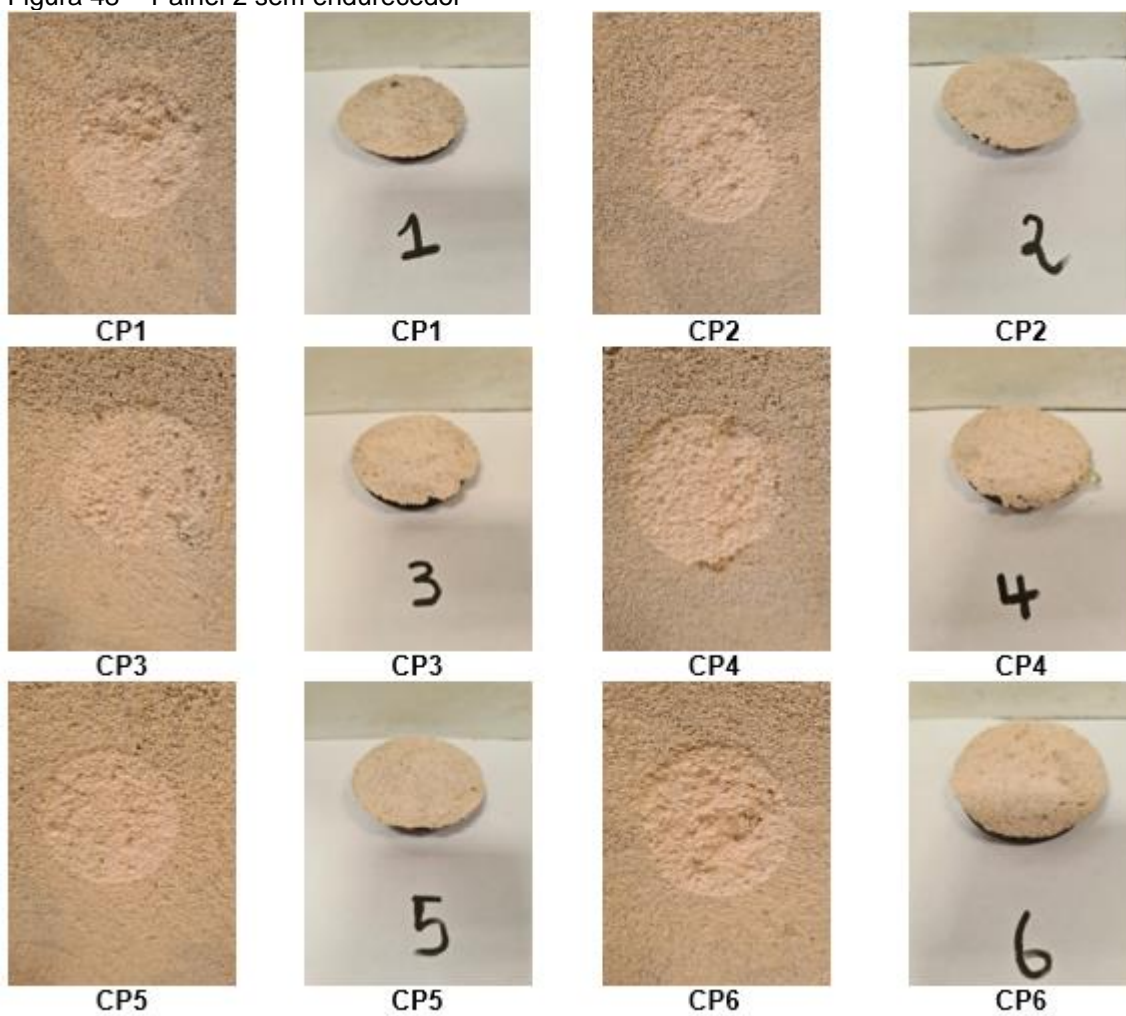




Figura 49 - Painel 2 com endurecedor 1

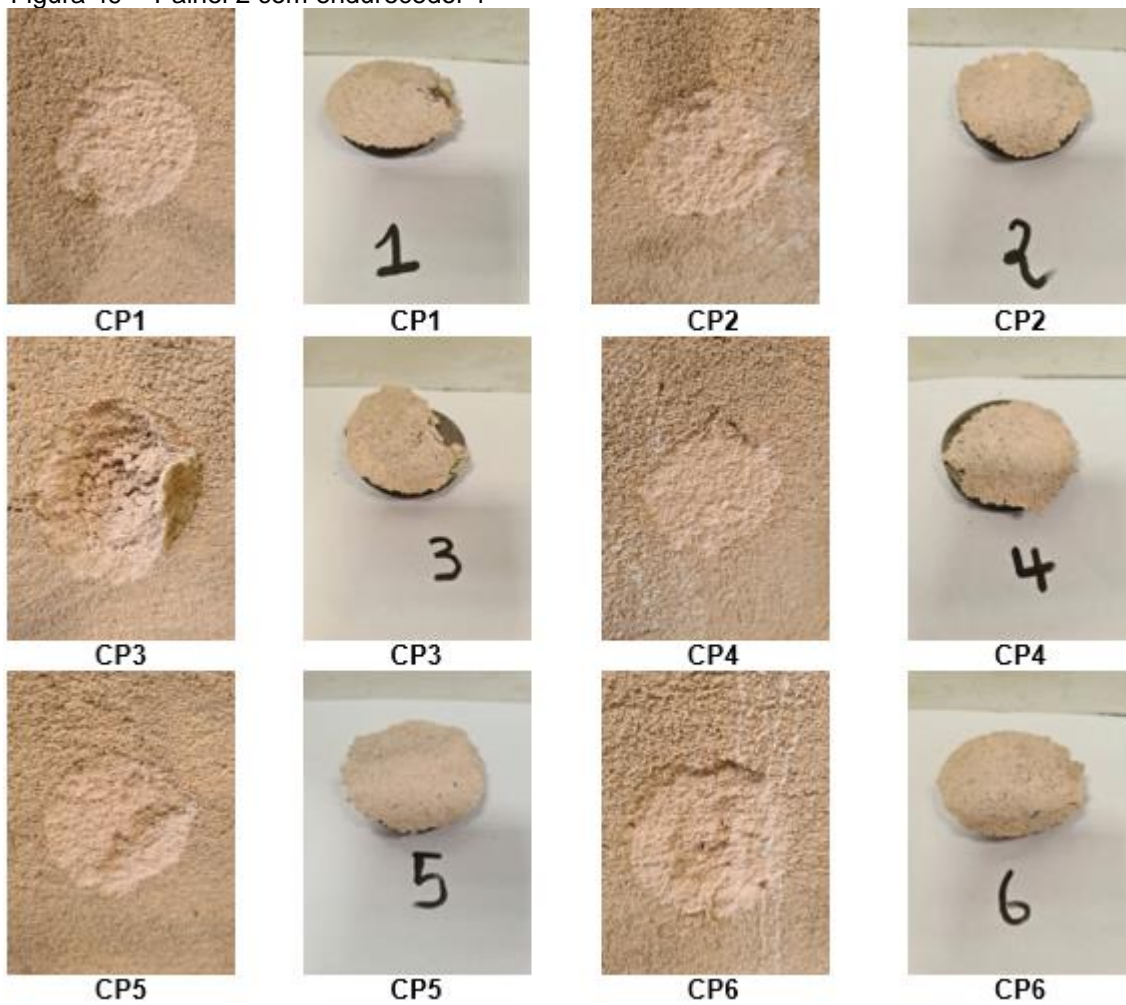


Figura 50 - Paineis 2 com endurecedor 2

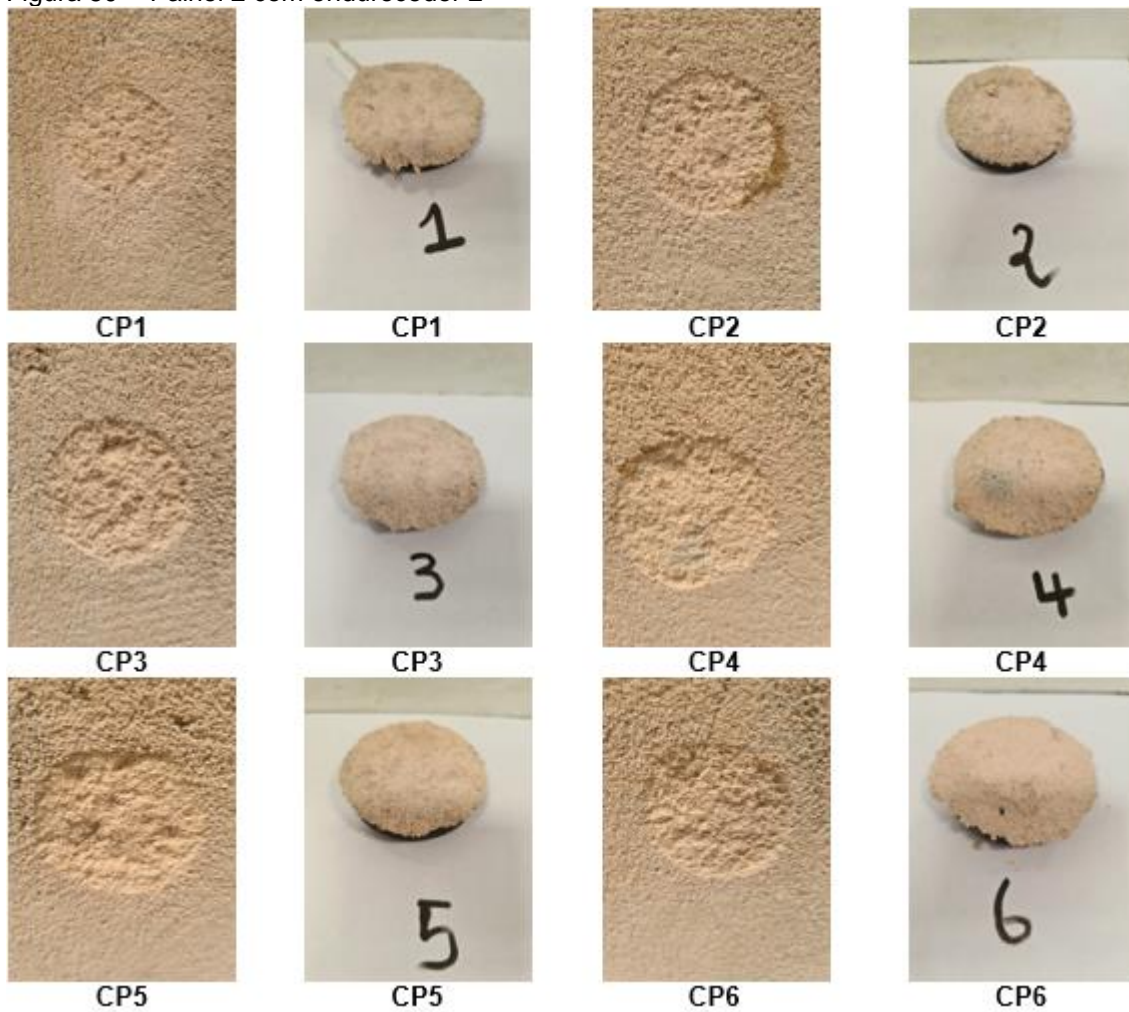


Figura 51 - Painei 2 com endurecedor 3

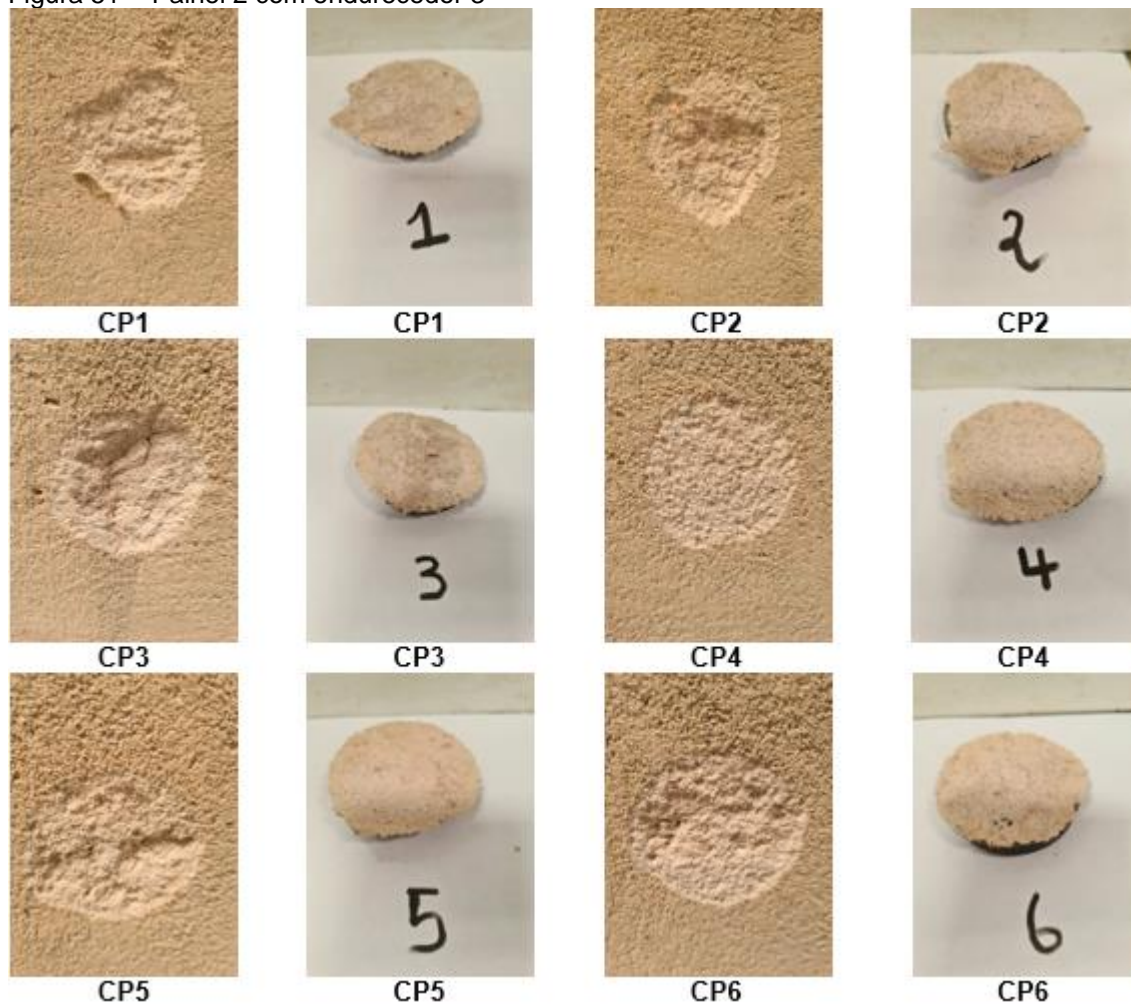
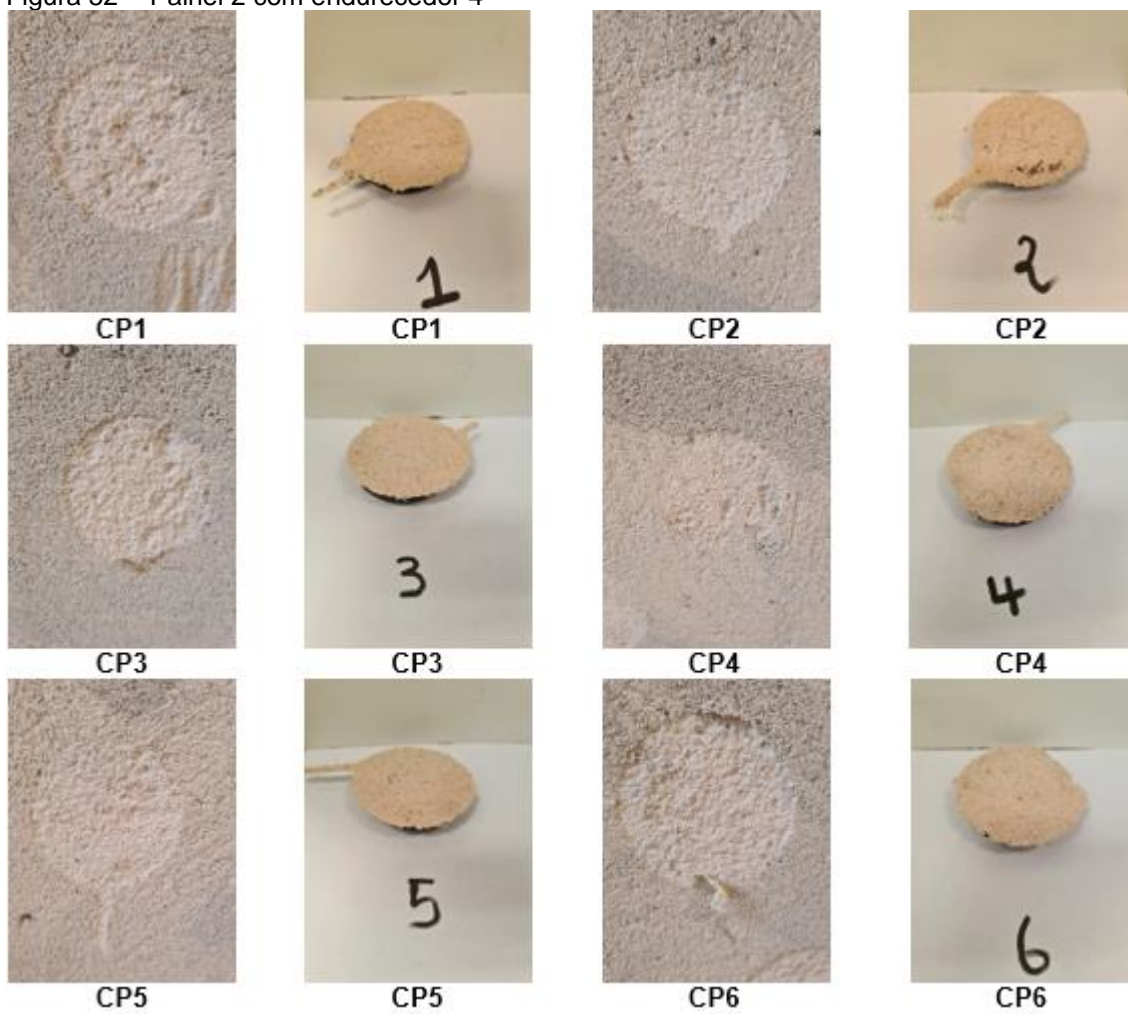


Figura 52 - Painei 2 com endurecedor 4





## APÊNDICE E 3 – Painei 3 (figuras 53 a 57)

Figura 53 - Painei 3 sem endurecedor

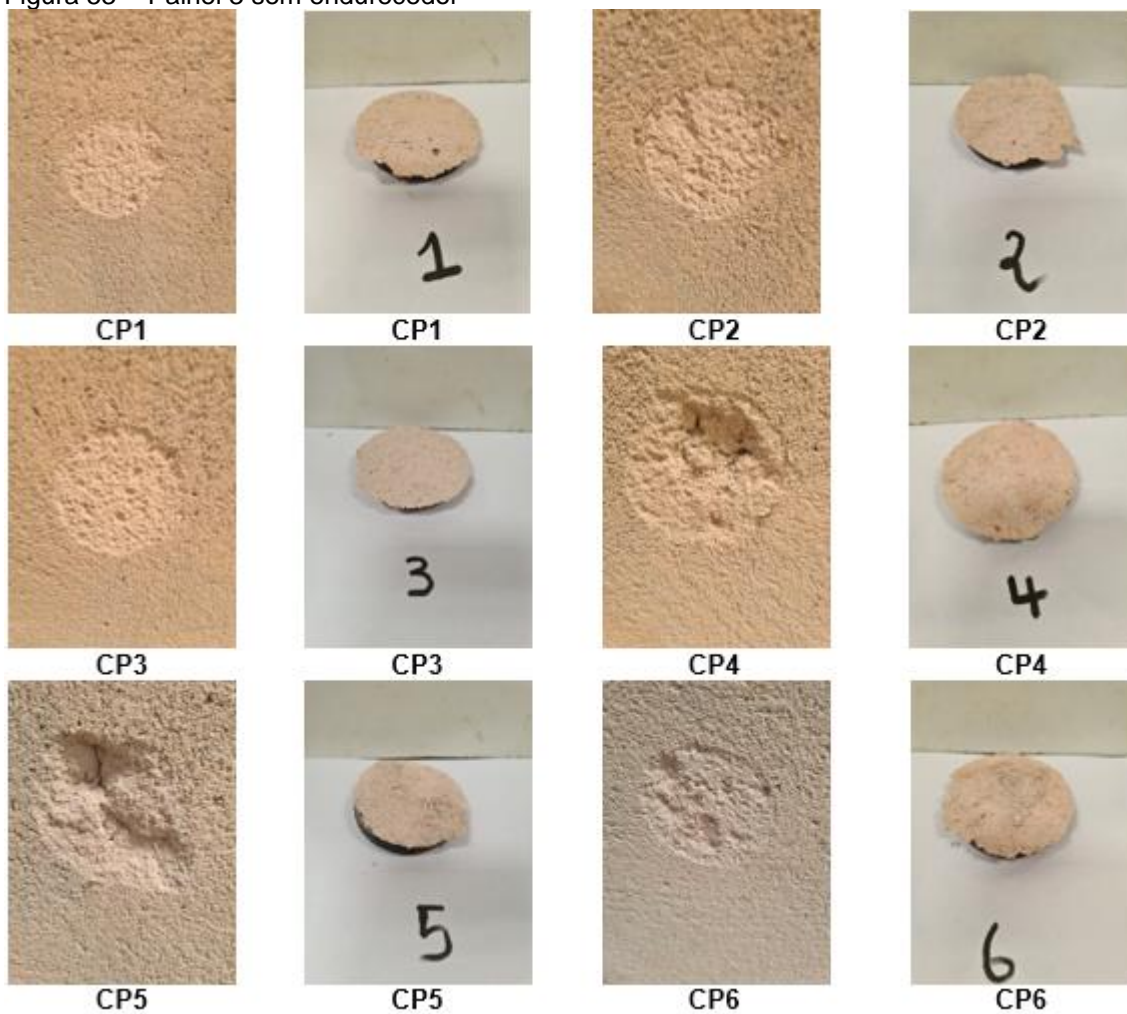


Figura 54 - Paineis 3 com endurecedor 1

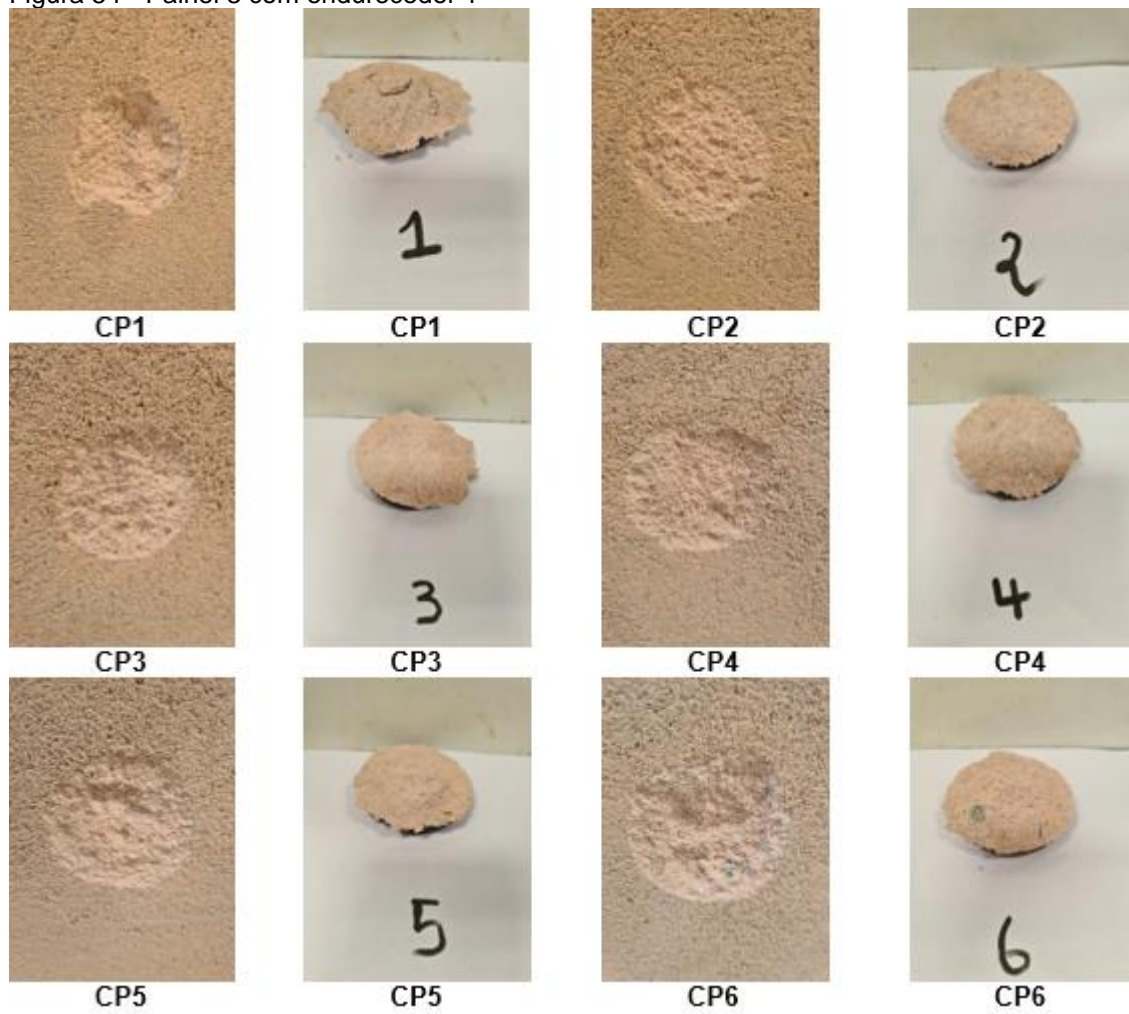


Figura 55 - Painel 3 com endurecedor 2

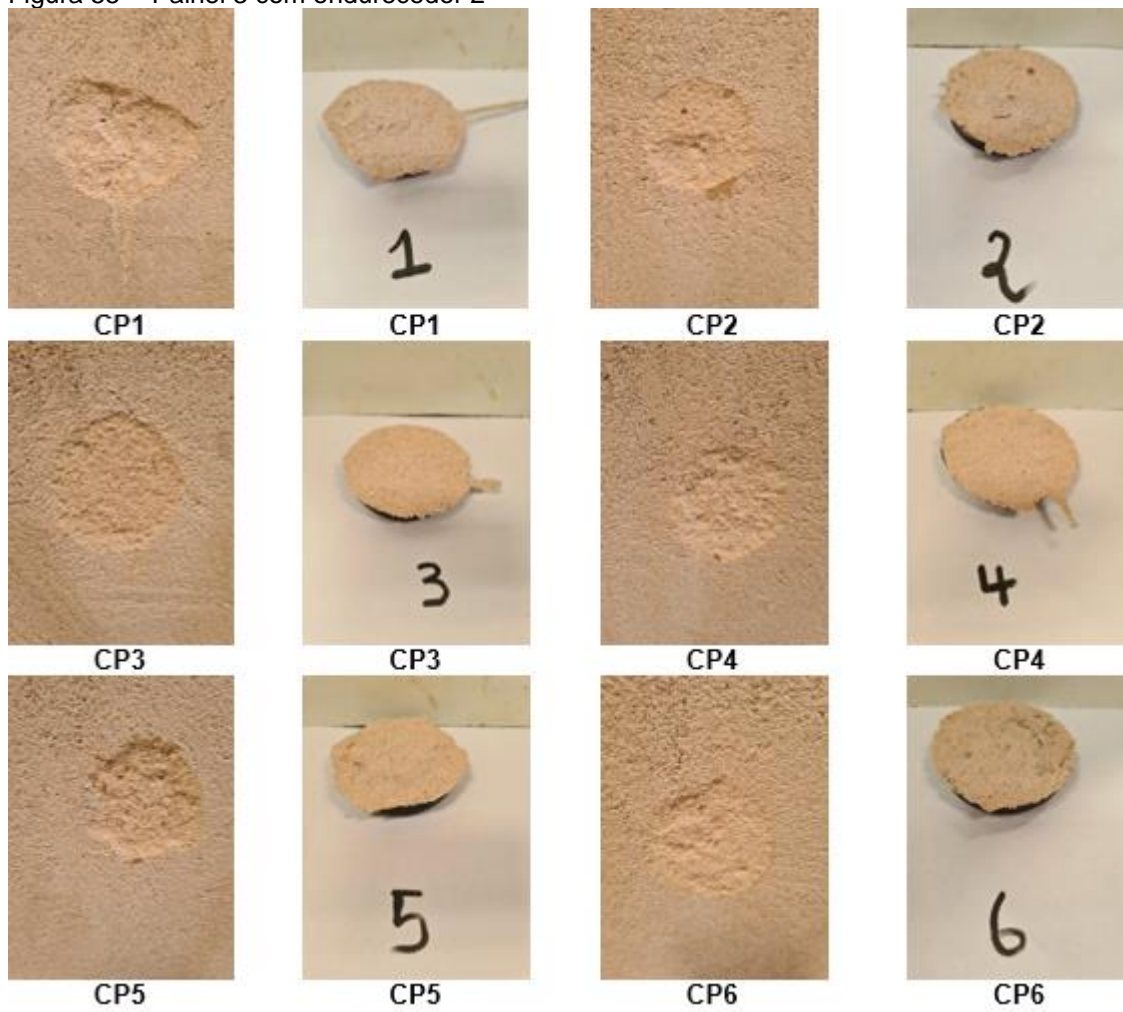


Figura 56 - Paineis 3 com endurecedor 3

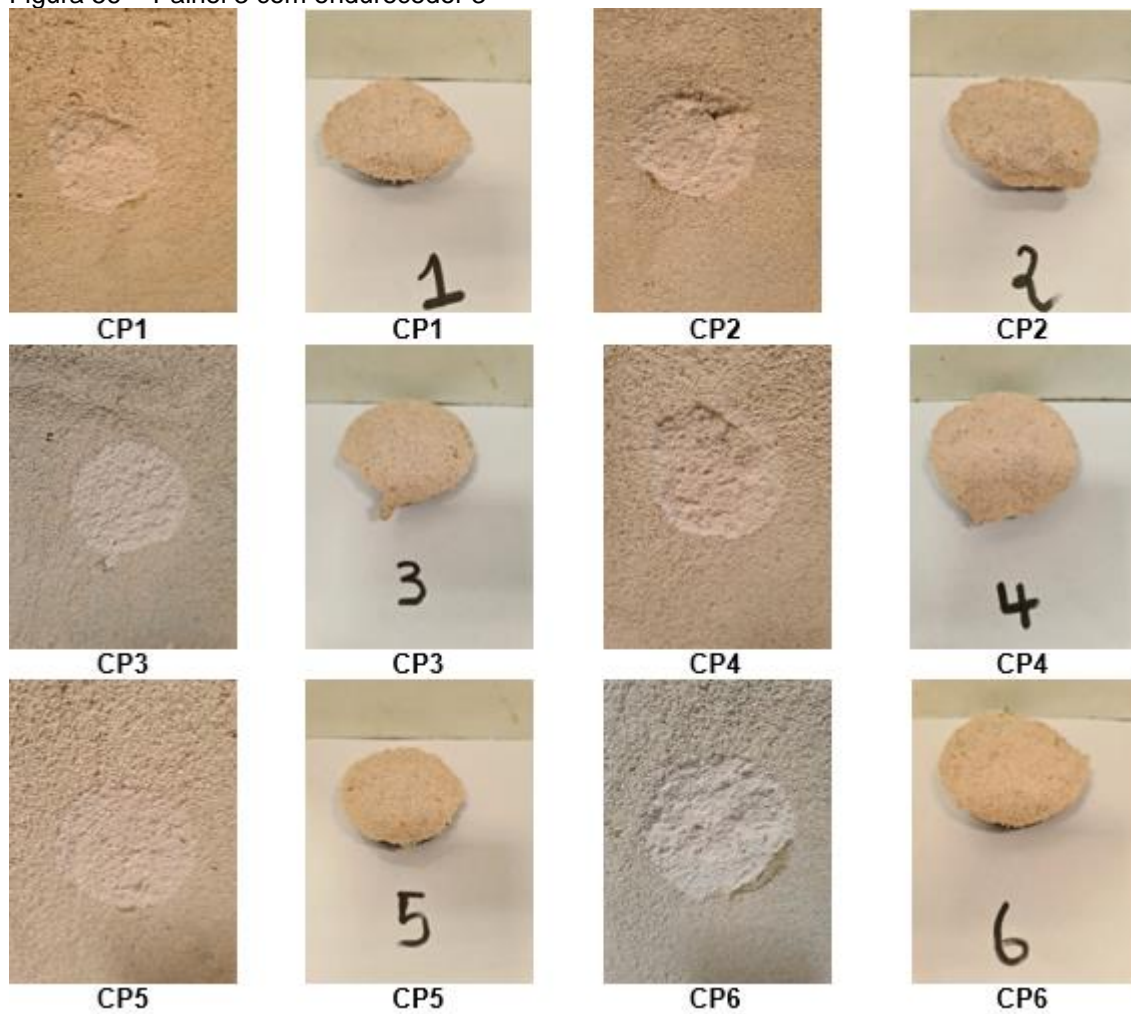
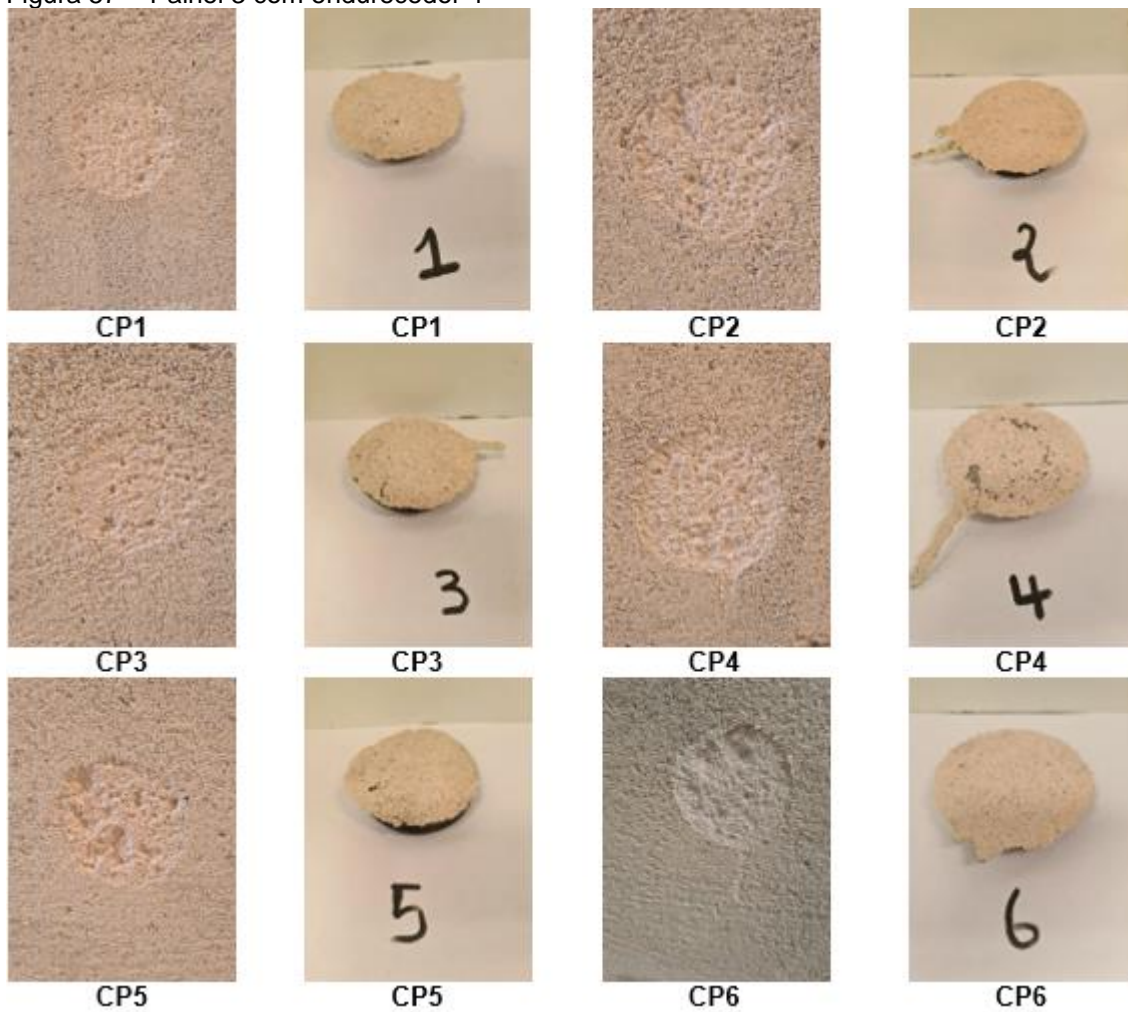




Figura 57 - Paineis 3 com endurecedor 4



## APÊNDICE E4 – Painel 4 (figuras 58 a 62)

Figura 58 - Painel 4 sem endurecedor

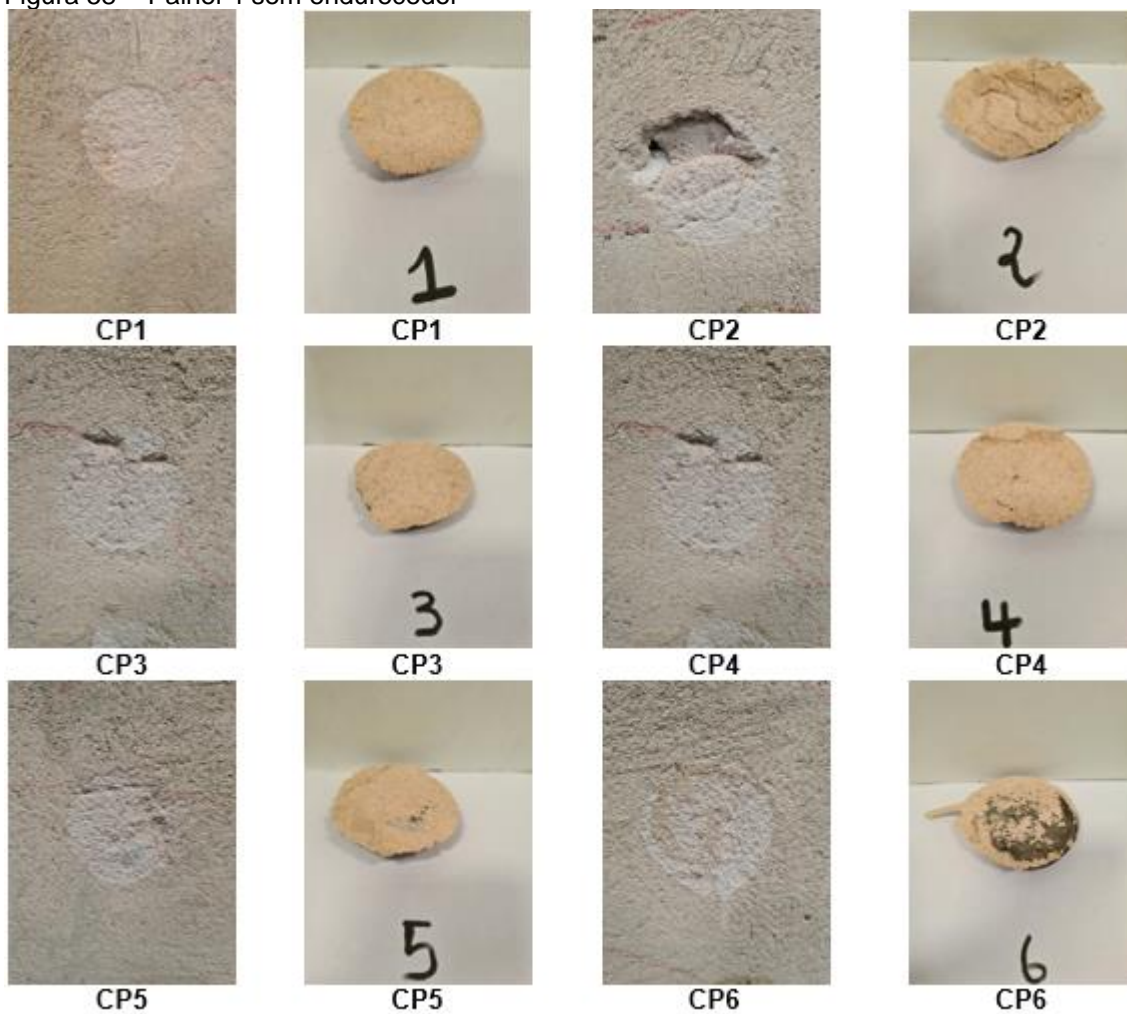


Figura 59 - Paineis 4 com endurecedor 1

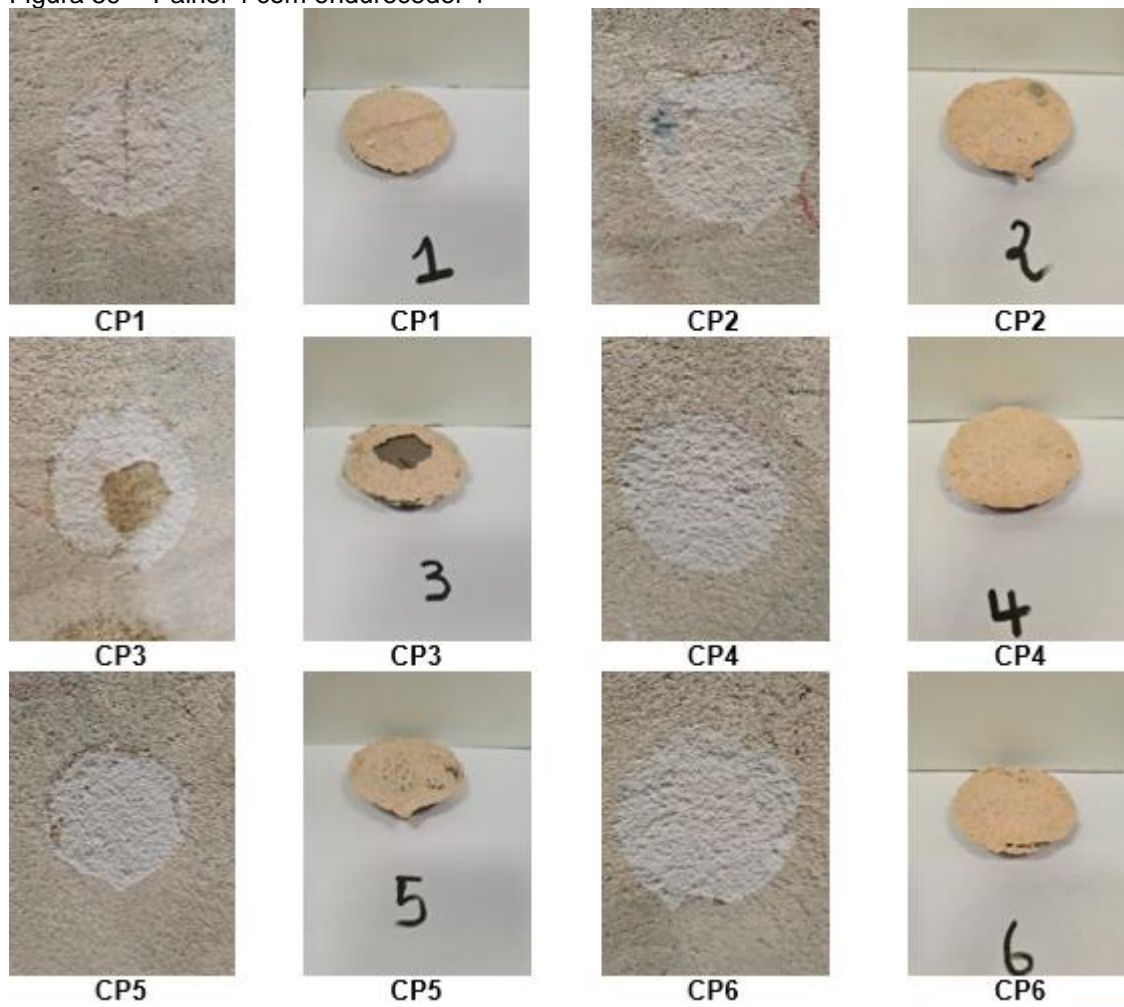


Figura 60 - Painei 4 com endurecedor 2

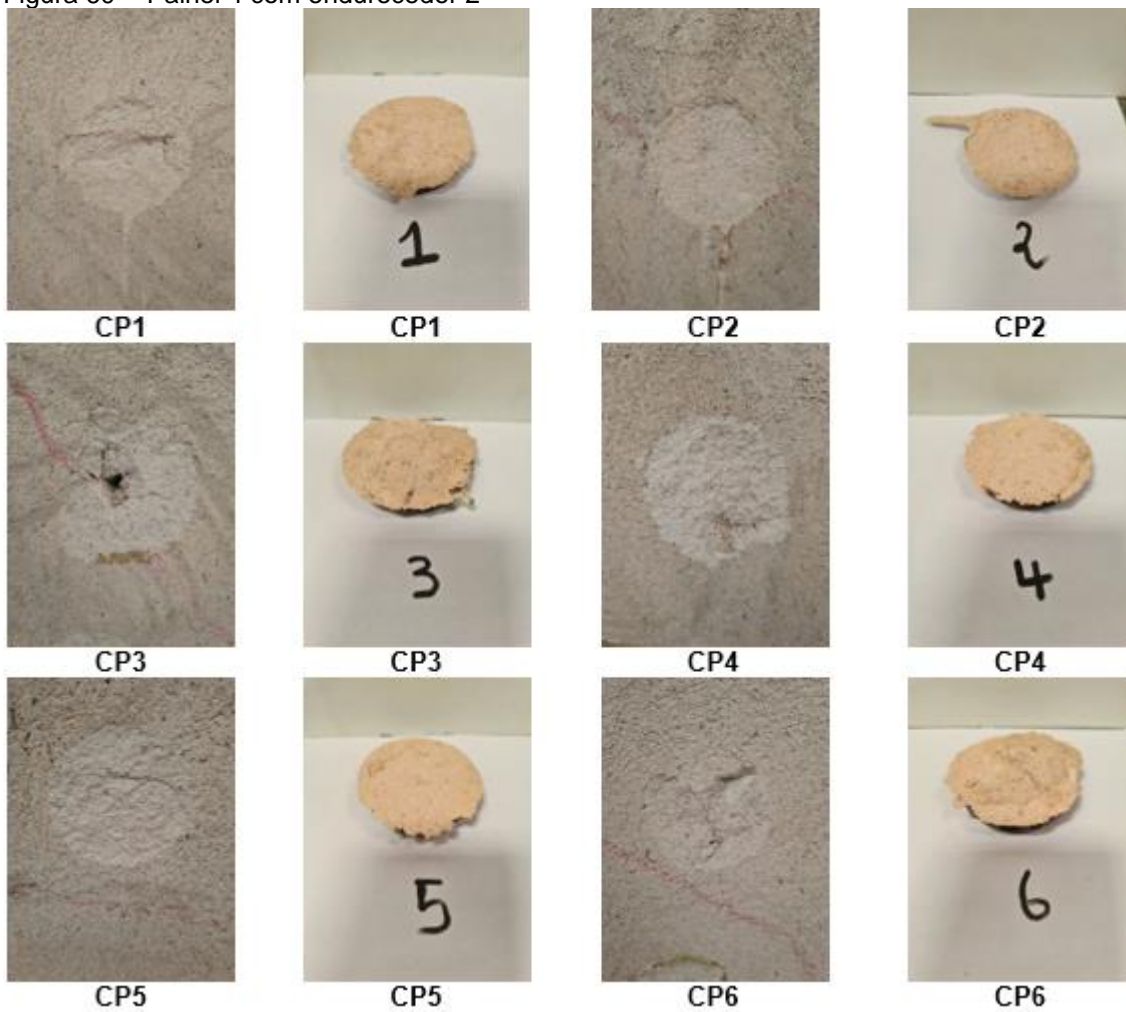


Figura 61 - Painei 4 com endurecedor 3

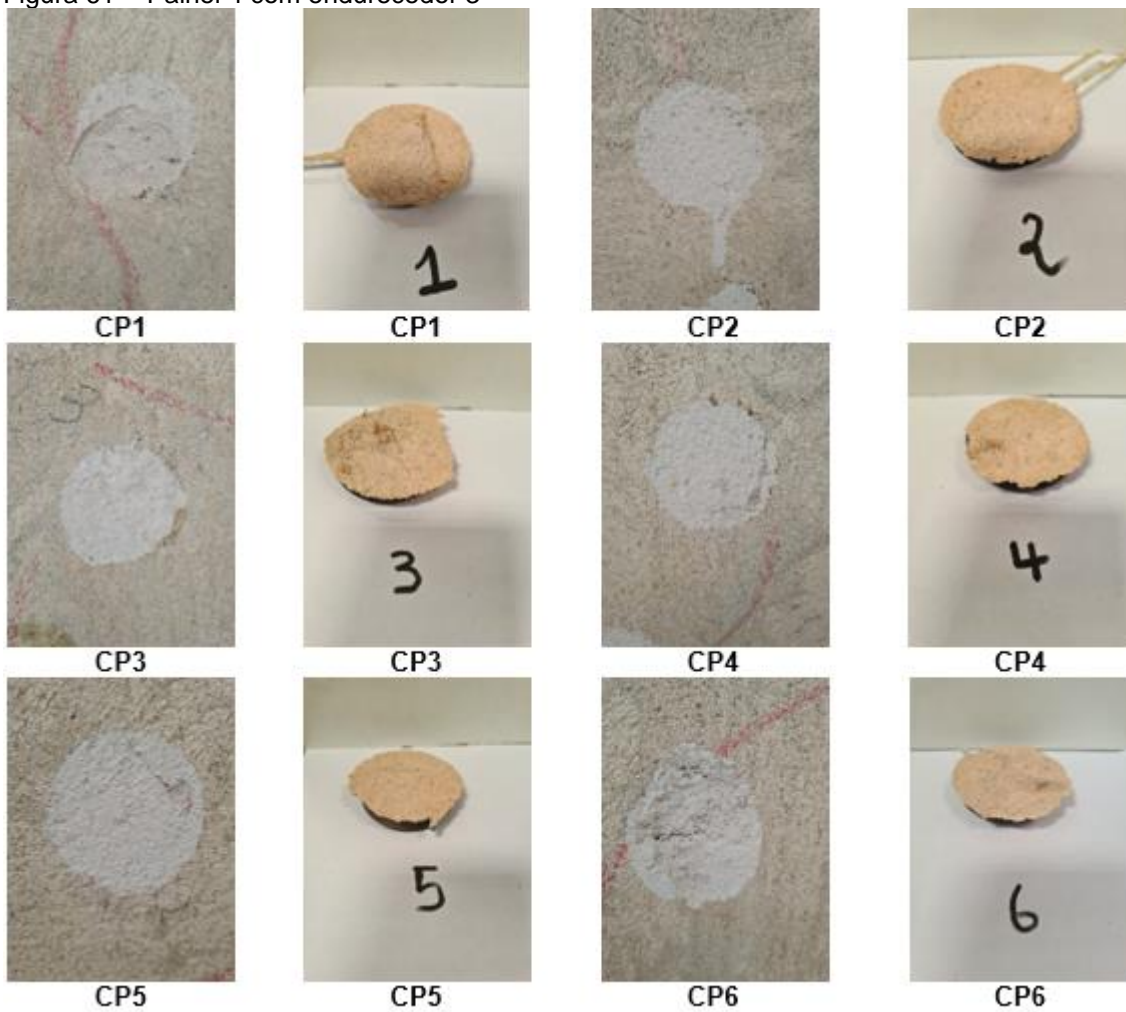
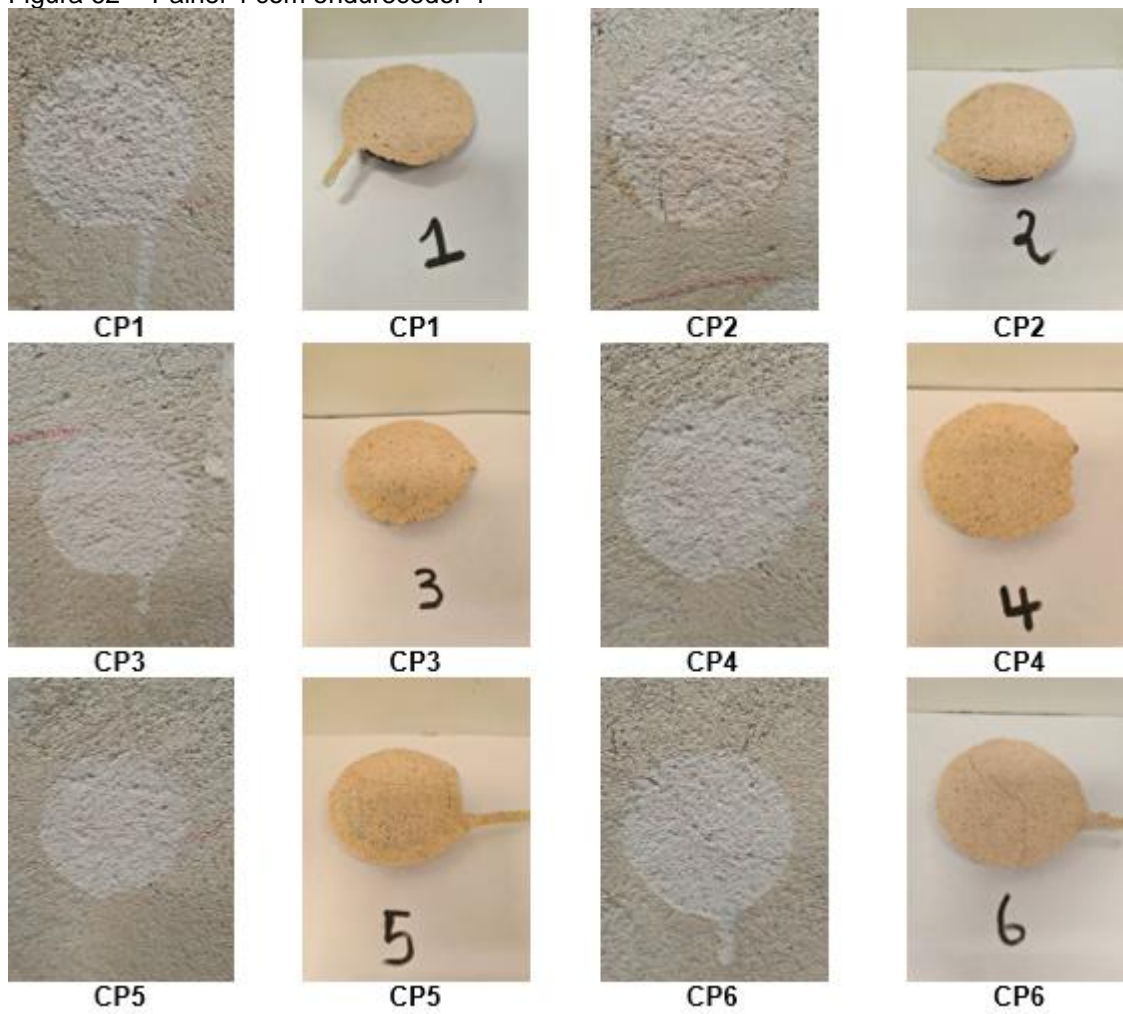




Figura 62 - Paineis 4 com endurecedor 4



## ANEXOS

ANEXO A- Ficha técnica do endurecedor de superfície – base silicato  
Disponível em: <https://www.viapol.com.br/media/93635/ft-viafloor-silicato-2015.pdf>

Ficha Técnica de Produto  
Versão 01-06-2013  
VIAFLOOR SILICATO

1 / 2



## VIAFLOOR SILICATO

### 1. Descrição

**Viafloor Silicato** é uma solução aquosa à base de silicatos que pode ser aplicado sobre o piso de concreto logo após seu acabamento com a finalidade principal de endurecer a superfície, servindo paralelamente como auxiliar de cura do concreto, aumentando a impermeabilidade do piso e a resistência à abrasão. Pode também ser aplicado em pisos de concreto já curado que apresentem baixa resistência superficial (soltando pó).

### 2. Vantagens

O uso do **Viafloor Silicato** traz os seguintes benefícios aos usuários:

- Fácil aplicação;
- Melhora a resistência à abrasão do concreto;
- Reduz a geração de poeira em concreto de baixa qualidade;
- Boa penetração no concreto;
- Economia devido ao baixo custo para a obtenção de proteção superficial para pisos de concreto facilitando a limpeza;
- Reduz a perda de água por evaporação no concreto, auxiliando na cura do concreto fresco;
- Produz um ligeiro brilho superficial;

### 3. Características Técnicas

Característica:	Valor Nominal	Especificação:	Unidade:
pH:	12,00	11,00 a 13,00	n/a
Aparência:	Líquido transparente	n/a	n/a
Odor:	Inodoro	n/a	n/a

### 4. Utilização

**Viafloor Silicato** é indicado para superfícies horizontais de concreto velho ou novo, em áreas internas e/ou externas onde é desejada a melhoria na resistência à abrasão, na diminuição da geração de pó e na permeabilidade do concreto em:

- Plantas industriais;
- Posto de combustível;
- Pisos de estacionamento e garagens;
- Lojas e Shoppings Centers;
- Almoarifados e depósitos.

### 5. Instruções de Utilização

**Preparo de Superfície:**

As superfícies de concreto "fresco" recém acabadas não requerem preparo adicional para a aplicação do **Viafloor Silicato**. Para pisos com desforma recente deve ser removido todo o desmoldante antes da aplicação do **Viafloor Silicato**. Em concretos com cura já completa (superior a 28 dias), a superfície deve estar limpa, seca e isenta de óleos, graxas, tintas, desmoldante, asfaltos ou qualquer tipo de material que possa prejudicar a absorção do produto.

---

www.viapol.com.br - e-mail: sac@viapol.com.br



#### **Aplicação:**

Sobre concretos novos aplicar o **Viafloor Silicato** com pulverizador de baixa pressão, rodo, vassoura de pélo, ou rolo. Aplicar o **Viafloor Silicato** em concretos "frescos" quando a água do piso já tiver evaporado e a superfície já estiver em processo de endurecimento, suportando tráfego de pessoas sobre a área. Aplicar o **Viafloor Silicato** em uma demão farta sobre toda a área. Deixar o produto agir sobre o piso por cerca de 30 a 40 minutos. Caso necessário acrescente mais **Viafloor Silicato** sobre áreas secas ou puxe com um rodo o produto em excesso acumulado nas depressões do piso.

Após este tempo, todo o **Viafloor Silicato** deve ter sido absorvido pelo concreto. Lavar a área com água para remoção total do excesso do **Viafloor Silicato**.

Em concretos de pouca porosidade e, por consequência, baixa absorção, pode haver muito produto na superfície após o tempo de 30 minutos, se a superfície estiver escorregadia, remova o material excedente, enxágüe com água e puxe com rodo para que não ocorra manchas esbranquiçadas sobre o piso. A área pode ser liberada para tráfego de pessoas após 1 hora da aplicação. Para tráfego pesado, aguardar o prazo de 24 horas.

#### **Segurança:**

Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos de segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho. No caso de contato do produto com a pele, limpar com água e sabão neutro ou pasta de limpeza. Produto não inflamável e não explosivo. Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano. Para mais detalhes, consultar a Ficha de Segurança do produto.

#### **6. Consumo**

Cada litro de **Viafloor Silicato** irá render entre 3 e 5m<sup>2</sup>, de acordo com a absorção do substrato.

#### **7. Embalagem**

**Viafloor Silicato** está disponível nas seguintes embalagens:

- Tambores de 200 litros;
- Balde de 18 litros.

#### **8. Estocagem**

O produto tem validade de 12 meses, a partir da data de fabricação, desde que armazenado em local coberto, seco, ventilado e nas embalagens originais e intactas.

*Nota: As informações contidas nesta ficha são baseadas em nosso conhecimento para a sua ajuda e orientação. Salientamos que o desempenho de nossos produtos depende das condições de preparo de superfície, aplicação e estocagem, que não estão sob nossos cuidados. O rendimento prático depende de técnica de aplicação, das condições do equipamento e da superfície a ser revestida. Não assumimos, assim, qualquer responsabilidade relativa ao rendimento e ao desempenho de qualquer natureza em decorrência do uso indevido do produto. Para mais esclarecimentos consultar nosso departamento técnico.*

A Viapol reserva-se o direito de mudar as especificações ou informações contidas neste folheto sem prévio aviso.



## ANEXO B- Ficha técnica do endurecedor de superfície – base silicato de sódio alcalino

Disponível em: <https://www.viapol.com.br/media/93635/ft-viafloor-silicato-2015.pdf>

Ficha Técnica do Produto  
Versão 01-06-2013  
VIAFLOOR FLUORSILICATO

1 / 2



# VIAFLOOR FLUORSILICATO

## 1. Descrição

**Viafloor Fluorsilicato** é uma solução transparente à base de fluorsilicato de magnésio destinado para aplicação em piso de concreto com a finalidade principal de endurecer a superfície, aumentando a impermeabilidade, resistência à abrasão e evitando a formação de pó. O **Viafloor Fluorsilicato** reage quimicamente com substâncias do concreto formando cristais de alta dureza e insolúveis na porosidade do concreto.

## 2. Vantagens

O uso do **Viafloor Fluorsilicato** traz os seguintes benefícios aos usuários:

- Fácil aplicação;
- Aumento significativo da resistência à abrasão do concreto;
- Reduz a geração de poeira em concreto de baixa qualidade;
- Excelente penetração no concreto;
- Resistente a óleos, graxa e outros agentes agressivos;
- Economia devido ao baixo custo para a obtenção de proteção superficial para pisos de concreto facilitando a limpeza;
- Produz um ligeiro brilho em piso de concreto polido.

## 3. Características Técnicas

Característica:	Valor Nominal	Especificação:	Unidade:
pH:	2,5	2,00 a 3,00	n/a
Aparência:	Líquido Transparente	n/a	n/a
Ódor:	Inodoro	n/a	n/a

## 4. Utilização

**Viafloor Fluorsilicato** é indicado principalmente para superfícies de concreto velho, em áreas internas e/ou externas onde é desejada a melhoria na resistência à abrasão, na diminuição da geração de pó e na permeabilidade do concreto em:

- Plantas industriais de concreto e/ou granilite;
- Postos de combustíveis;
- Pisos de estacionamentos e garagens de condomínios;
- Lojas e Shoppings Centers;
- Almoarifados e depósitos;
- Centros de distribuição e docas;
- Pisos com tráfegos intensos de empilhadeiras.

## 5. Instruções de Utilização

### Preparo da Superfície:

A superfície deve estar limpa, seca e isenta de óleos, graxas, tintas, desmoldantes, asfaltos ou qualquer tipo de material que possa prejudicar a absorção do produto. Executar uma lavagem com jato de alta pressão para limpeza dos poros do concreto um dia antes da aplicação. Substratos com acabamento polido, em alguns casos pode requerer um polimento com pedra fina. Piso novo depois do processo de acabamento deve ser curado com água por sete dias. A aplicação do **Viafloor Fluorsilicato** deve ser executada no mínimo 14 dias após a concretagem.



#### **Aplicação:**

Normalmente se aplica em duas demãos diluídas em 1:1 (uma parte de água para uma parte de **Viafloor Fluorsilicato**, dependendo da porosidade do concreto e o tipo de acabamento, pode requerer uma terceira demão. Pode ser aplicado com pulverizador de baixa pressão ou vassoura de pelo espalhando uniformemente sobre a superfície evitando empoeiramentos. Aplicar a primeira demão do **Viafloor Fluorsilicato** uniformemente e deixar reagir sobre o piso por um período de 50 a 60 minutos, evitando a secagem em pontos localizados, fazendo o espalhamento contínuo com vassouras de pelo. Se após esse período o substrato absorveu o **Viafloor Fluorsilicato** e não houve formação de cristais visível (branqueamento), aguardar entre 4 e 7 horas para a aplicação da segunda demão. Caso ocorra branqueamento na primeira ou na segunda demão, a área deve ser lavada imediatamente com água limpa e escovada com enceradeira e um disco abrasivo até a remoção dos cristais. Retirar o excesso da água com rodo e deixar secar. Para maior penetração e brilho em pisos polidos, utilizar enceradeira com disco pouco abrasivo na segunda aplicação. Quando o substrato já estiver seco trocar o disco abrasivo por um disco de pelo de porco para maior brilho.

#### **Segurança:**

Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos de segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho. No caso de contato do produto com a pele, limpar com água e sabão neutro ou pasta de limpeza. Produto não inflamável e não explosivo. Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano. Para mais detalhes, consultar a Ficha de Segurança do produto.

#### **6. Consumo**

O rendimento dependerá da porosidade do concreto, resistência e do tipo de acabamento. Como orientação, sugerimos as aplicações conforme tabela:

Tipo de substrato	Consumo diluído 1: 1 (l/m <sup>2</sup> )			Consumo de <b>Viafloor Fluorsilicato</b> (l/m <sup>2</sup> )
	1ª demão	2ª demão	3ª demão	Total
Concreto polido	0,200	0,150	-	0,175 l/m <sup>2</sup>
Concreto poroso	0,300	0,200	0,150	0,325 l/m <sup>2</sup>

#### **7. Embalagem**

**Viafloor Fluorsilicato** está disponível nas seguintes embalagens:

- Balde com 18 litros;
- Tambor com 200 litros.

#### **8. Estocagem**

O produto tem validade de 12 meses, a partir da data de fabricação, desde que armazenado em local coberto, seco, ventilado e nas embalagens originais e intactas.

Nota: As informações contidas neste fiche são baseadas em nosso conhecimento para a sua ajuda e orientação. Salientamos que o desempenho dos nossos produtos depende das condições de preparo de superfície, aplicação e estocagem, que não estão sob nossos cuidados. O rendimento prático depende da técnica de aplicação, das condições do equipamento e da superfície a ser revestida. Não assumimos assim, qualquer responsabilidade relativa ao rendimento e ao desempenho de qualquer natureza em decorrência do uso indevido do produto. Para mais esclarecimentos consultar nosso departamento técnico.

A Viapol reserva-se o direito de mudar as especificações ou informações contidas neste folheto sem prévio aviso.

ANEXO C- Ficha técnica do endurecedor de superfície – Impregnação acrílica, à base de água

Disponível em: <https://bra.sika.com/pt/centro-de-downloads.html>

Construção

**Ficha do Produto**  
 Edição 23/03/2015  
 Identificação no:  
 02 03 03 01 002 0 000021  
 Sikagard®-905 W / Sika® Imper Mur

## Sikagard®-905 W / Sika® Imper Mur

### Tratamento para umidade e salitre - Impregnação endurecedora de superfície

---

**Descrição do Produto** Sika® Imper Mur é uma impregnação impermeabilizante e endurecedora de superfície, base água, pronta para o uso. Sika® Imper Mur é transparente após a secagem. Sika® Imper Mur previne contra o crescimento de mofo e bolor.

---

**Usos** Sika® Imper Mur é utilizado para prevenir umidade em superfícies emboçadas ou rebocadas, pedras e tijolos aparente, e etc. Devido à sua baixa viscosidade, ele penetra profundamente no substrato e forma uma barreira invisível e impermeável.

- Tratamento contra o Salitre
- Prevenção ao crescimento de mofo.
- Impermeabilização e endurecimento da superfície.

Sika® Imper Mur é também utilizado como endurecedor de superfície para substratos fracos e pulverulentos, em áreas internas e externas. Sika® Imper Mur pode ser utilizado como um pré-tratamento para melhorar a superfície antes da pintura final quando o substrato é pulverulentos ou fraco.

---

**Características / Vantagens**

- Viscosidade muito baixa (alto poder de penetração)
- Quase invisível quando seco
- Pode ser pintado ou coberto com papel de parede
- Pode ser utilizado em ambientes internos ou externos
- Resistente aos Raios Ultra-Violeta (UV).

---

**Dados do Produto**

**Forma**

**Aspecto / Cor** Líquido branco leitoso.

**Embalagem** 1 litro e 3,6 litros.

**Estocagem**

**Condições de estocagem / Validade** 12 meses a partir da data de produção, estocado nas embalagens originais e intactas, em condições seca, protegido do congelamento e em temperaturas acima de +5°C. Proteja do calor excessivo e da ação direta do sol.

---

**Dados Técnicos**

**Odor** Tem um odor característico

**Densidade** 1.01 kg/l

**pH** 7,5 ±1

**Viscosidade** Agulha Brookfield 1, velocidade 60 rpm: ~ 3.9 mPa.s


---

**Informações do Sistema**

**Detalhes da Aplicação**

**Consumo** Geralmente de 0.2 a 0.3 litros/m² por demão dependendo da porosidade do substrato.

---




Sikagard®-905 W / Sika® Imper Mur  
1/3

<b>Preparo do Substrato</b>	<p>Remova quaisquer pinturas, massa corrida, papel de parede ou revestimentos da área danificada pela umidade antes da aplicação do tratamento.</p> <p>Remova quaisquer traços visíveis de salitre, mofo, fungos, ou outros crescimentos biológicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escove o substrato vigorosamente;</li> <li>- Limpe com água fresca;</li> <li>- Aguarde o substrato secar superficialmente antes da aplicação.</li> </ul>
<b>Condições de Aplicação / Limitações</b>	
<b>Temperatura de aplicação</b>	+5°C min. / +35°C max.
<b>Instruções de Aplicação</b>	
<b>Mistura</b>	Sika® Imper Mur é fornecido pronto para o uso. Agite a embalagem antes do uso.
<b>Método de Aplicação</b>	<p>Aplice Sika® Imper Mur utilizando uma broxa, pincel ou rolo de lã, assegurando a completa saturação do substrato. Em substratos muito absorventes uma segunda demão pode ser necessária. Aguarde a primeira demão secar antes da aplicação da segunda demão.</p>
<b>Limpeza das ferramentas</b>	Limpe todas as ferramentas e equipamentos de aplicação com água imediatamente após o uso.
<b>Notas sobre a aplicação/ Limitações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sika® Imper Mur é incapaz de evitar os danos devido à condensação sobre paredes frias (por exemplo, banheiros pouco ventilados).</li> <li>- Sika® Imper Mur não pode ser utilizado para tomar bom um substrato excessivamente danificado, sendo requerido neste caso a recuperação do mesmo (exemplo reboco ou emboço amolecido, etc.).</li> <li>- Se não for coberto, em certas circunstâncias o Sika® Imper Mur pode mudar ligeiramente o aspecto visual da superfície – realize sempre um pequeno teste preliminar antes da aplicação completa.</li> <li>- Aguarde o Sika® Imper Mur secar completamente antes de aplicar a massa corrida, pintura ou o papel de parede sobre ele. O tempo de secagem aproximado é de 3 horas a 20°C.</li> <li>- Quando for aplicada massa corrida sobre o Sika® Imper Mur, aguardar a cura completa da massa corrida (no mínimo três dias) antes da aplicação da pintura.</li> <li>- Quando recoberto com papel de parede, utilize um adesivo de papel de parede para substratos não absorventes.</li> <li>- Quando o papel de parede for do tipo lavável, utilize um adesivo resistente a fungos.</li> </ul>



ANEXO D- Ficha técnica do endurecedor de superfície – base silicato de sódio alcalino

Disponível em: <https://www.nsaquimica.com.br/PDF/FISPQ%20%20Silicato%20Sodio%20Alcalino.pdf>

	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01  Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 1 de 7

### 1 - Identificação do produto e da empresa

- Nome do produto: Silicato de Sódio Alcalino
- Código interno de identificação do produto: 00138
- Nome da empresa: NSA Produtos Químicos Eireli EPP
- Endereço: Rua Paulo Afonso, 172/176 – Diadema - SP.
- Telefone da empresa: (11) 4067-7609 / 3996-9017
- e-mail: [nsaquimica@nsaquimica.com.br](mailto:nsaquimica@nsaquimica.com.br)

### 2 - Identificação de perigos

- Classificação da substância ou mistura

IDENTIFICAÇÃO DO PERIGO	CATEGORIA
Toxicidade aguda - oral	4
Corrosivo/ irritante a pele	1A
Prejuízo serio aos olhos/ irritação aos olhos	1


- Sistema de classificação utilizado:
  - Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010.
- Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.

### PICTOGRAMAS DE PERIGO:



- FRASE DE PERIGO:
- H302 - Nocivo se ingerido.
- H314 - Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos.
- H318 - Provoca lesões oculares graves.
- PREVENÇÃO:
- P260 - Não inale as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.
- P264 - Lave cuidadosamente após o manuseio.
- P270 - Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.
- P280 - Use luvas de proteção/ roupa de proteção/proteção ocular/proteção facial.



	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01 Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 2 de 7


- PRIMEIROS SOCORROS:
- P301+P312 - EM CASO DE INGESTÃO: Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/ médico.
- P301+P330+P331 - EM CASO DE INGESTÃO: Enxágue a boca. NÃO provoque vômito.
- P303+P361+P353 - EM CASO DE CONTATO COM A PELE (ou com o cabelo): Retire imediatamente toda a roupa contaminada. Enxágue a pele com água/tome uma ducha.
- P304+P340 - EM CASO DE INALAÇÃO: Remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração.
- P305+P351+P338 - EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.
- P310 - Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico.
- P321 - Tratamento específico: não se aplica
- P330 - Enxague a boca.
- P363 - Lave a roupa contaminada antes de usá-la novamente.
- ARMAZENAMENTO:
- P405 - Armazene em local fechado à chave.
- DISPOSIÇÃO:
- P501 - Descarte o conteúdo/recipiente em um ponto de coleta de resíduos especiais ou perigosos.

### 3 - Composição e informações sobre os ingredientes

- Substância: Silicato de Sódio
- Nome químico: Silicato de Sódio Alcalino
- Sinônimo: Vidro solúvel
- Impurezas: Não disponível
- Misturas: Não disponível
- Natureza química: Não disponível
- Nome químico/genérico: Silicato de Sódio
- Numero CAS: 1344-09-8
- Número de ONU: 1719
- Rotulagem de perigo: Classe de risco – 8 – Corrosivos

### 4 - Medidas de primeiros socorros

- Inalação: Remova a vítima para local fresco e arejado. Se necessário ventilar a vítima com o auxílio de uma máscara de oxigênio.
- Contato com a pele: Remova as roupas contaminadas. Lave abundantemente com água corrente toda

	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01 Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 3 de 7

a parte atingida pelo menos 15 minutos. Em caso de irritação consultar um médico imediatamente.

- Contato com os olhos: Lavar com água corrente no mínimo por 15 minutos, levantando as pálpebras algumas vezes, para eliminar quais quer resíduos do material. Remova lentes de contato, se tiver. Consultar um médico oftalmologista.
- Ingestão: Nunca dar nada via oral para uma pessoa inconsciente ou convulsiva. Em caso de ingestão, consultar um médico imediatamente. Não provocar vômito.
- Notas para o médico: Não disponível.

#### 5 - Medidas de combate a incêndio

- Extintores de incêndio: Água em spray, pó químico, espuma ou gás carbônico (produto não inflamável).
- Extintores não apropriados: Não disponível.
- Perigos Específicos: Reação de alumínio com solução de silicato de sódio derramado no incêndio pode produzir gás hidrogênio inflamável.
- Métodos especiais: Isolar a área de risco e proibir entrada de pessoas. Utilizar spray de água para resfriar os contêineres expostos ao fogo para evitar a ruptura por acúmulo de pressão ocasionando a dispersão do material alcalino quente.
- Proteção dos bombeiros: Equipamento de proteção individual.

#### 6 - Medidas de controle para derramamento ou vazamento

- Precauções pessoais: Afastar os curiosos. Sinalizar o local do vazamento. Silicato derramado no piso é extremamente escorregadio e deve ser lavado com água em abundância para evitar acidentes.
- Controle de poeira: Não aplicável, produto não inflamável.
- Prevenção da inalação, pele, olhos e mucosas: Utilizar equipamento de proteção individual adequado.
- Precauções ao meio ambiente:
- Método de limpeza:
- Recuperação: Estancar o vazamento. Impedir o derramamento. Circunscrever as poças com dique de terra ou areia. Misturar o produto vazado em 3 partes de argila de produto e recolher em tambores a serem retirados para um local seguro.
- Neutralização: Após remoção do produto, para dentro de um recipiente com água, adicionar carbonato de sódio ligeiramente por agitação. Após 24 horas, decantar ou sifonar para dentro de outro recipiente. Neutralizar com HCl 6M e drenar para o esgoto com muita água.
- Disposição: Conforme legislação local vigente.
- Prevenção de perigos secundários: Não disponível.

#### 7 - Manuseio e armazenamento

	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01 Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 4 de 7

- Técnicas de manuseio: Não disponível.
- Prevenção de incêndio e explosão: Não disponível.
- Orientações e precauções para manuseio seguro: Utilizar os equipamentos de proteção individual adequados. Utilizar no manuseio com silicato de sódio, botas, luvas, óculos e roupas fechados nos punhos. Manusear em local fresco e arejado.
- Técnicas de armazenamento: Armazenar em local fresco, seco ventilado e afastado de ácidos fortes.
- Condições de armazenamento:
- Adequadas: Local seco, coberto e bem arejado, afastado dos produtos incompatíveis. A evitar: Próximo aos matérias incompatíveis.
- Materiais incompatíveis: Substâncias ácidas. Alumínio, zinco e estanho, devido a possibilidade de geração do gás hidrogênio. Reage violentamente com o flúor. O silicato de sódio reage lentamente com CO<sub>2</sub> da atmosfera.
- Embalagem recomendada: Aço-carbono.
- Embalagem inadequada: Não disponível.

#### **8 - Controle de exposição e proteção individual**

- Proteção respiratória: Máscara tipo "full-face" autorizada pela NIOSH como mínima proteção.
- Proteção das mãos: Luvas impermeáveis.
- Proteção dos olhos: Óculos de segurança ou protetor facial.
- Proteção da pele e do corpo: Botas de borracha e roupa fechada nos punhos, para prevenir contato com a pele óculos estanque bem ajustado no rosto.


#### **9 - Propriedades físico químicas**

- Estado físico: Líquido
- Cor: Incolor a turvo acinzentado ou marrom avermelhado
- Aspecto: Viscoso
- Odor: Inodoro
- pH: 11 a 12%
- Ponto de ebulição: Decompõe a 760mmHg
- Ponto de fusão: 1088°C vidro de silicato
- Ponto de fulgor: Não disponível.
- Densidade: 1400 g/l à 25°C (água=1)
- Pressão de vapor: Não disponível
- Solubilidade: Miscível em água.

#### **10 - Estabilidade e reatividade**

- Instabilidade: Estável em condições normais.
- Incompatíveis: Substâncias ácidas, alumínio, zinco, estanho, flúor. Reage lentamente com CO<sub>2</sub> da atmosfera.



	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01  Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 5 de 7


- Produtos perigosos da decomposição: A decomposição térmica e oxidante da solução silicato de sódio podem produzir fumos tóxicos de óxido de sódio (NA<sub>2</sub>O).

### 11 - Informações toxicológicas

- Toxicidade aguda:
- DL50 (oral, ratos): 1153 a 1600 mg/kg
- Corrosão/irritação da pele: Produto corrosivo o contato com a pele causa irritação, vermelhidão e queimaduras.
- Lesões oculares graves/irritação ocular: O contato causa irritação, queimaduras e cegueira.
- Sensibilização respiratória ou à pele: Em condições normais o produto não causa sensibilidade respiratória, porém o contato com névoas ou vapores do produto aquecido pode causar irritação e danos para membranas mucosas e via respiratória. Produto corrosivo o contato com a pele causa irritação, vermelhidão e queimaduras.
- Mutagenicidade em células germinativas: O hidróxido de sódio presente no produto não listado (IARC). Porém existe a possibilidade de ocorrência de carcinoma de esôfago, como consequência de grave lesão esofágica.
- Carcinogenicidade: Negativo
- Toxicidade à reprodução: Não disponível
- Toxicidade para órgãos – alvo específicos - exposição única: Por ingestão causa queimaduras no sistema gastrointestinal, respiratório e membranas mucosas com vermelhidão, formação de bolhas, sensação de queimação do esôfago ao estômago, salivação excessiva, náusea, vômito, dor abdominal, diarreia, hematêmese (vômito com sangramento), necrose gastrointestinal, estenose de esôfago, perfuração gástrica e esofágica, mediastinite (pode aparecer com dor subesternal e febre), tosse, dificuldade na respiração, respiração curta, edema pulmonar, pneumonia, leucocitose, asfixia por edema de glote, choque, colapso e morte. Hipotensão e taquicardia podem ocorrer após ingestão em pacientes com grave sangramento ou extensa necrose gastrointestinal. Queimaduras nos olhos, nariz, garganta e pele podendo causar queimaduras graves, vermelhidão, formação de bolhas, dermatite, perfuração do septo nasal, edema nos lábios, queixo, língua e faringe, dor severa na garganta e epigástrico, edema conjuntival, destruição da córnea e cegueira.
- Toxicidade para órgãos - alvo específicos - exposição repetida: Pode causar dermatite e danos nos pulmões após exposição repetida e prolongada.
- Perigo por aspiração: Em condições normais o produto não causa sensibilidade respiratória, porém o contato com névoas ou vapores do produto aquecido pode causar irritação e danos para membranas mucosas e via respiratória.

### 12 - Informações ecológicas

- Ecotoxicidade: Não classificado como perigoso para a vida aquática. Informações referentes ao Silicato de Sódio: LC50 (Leponis macrochirus, 96h) = 301- 478 mg/L EC50 (Daphnia magna, 96h) = 216 mg/L.
- Persistência e degradabilidade: Informações referentes ao Hidróxido de Sódio: Produto não sofre biodegradação.

	<b>FISPQ</b> Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico	Revisão: 01  Data: 19/04/2018
	<b>SILICATO DE SÓDIO ALCALINO</b>	Página 6 de 7

- Potencial bioacumulativo: Pode acumular-se em espécies que utilizam a sílica como material estrutural como as algas diatomáceas e as esponjas de silício.
- Mobilidade no solo: Não determinado.
- Outros efeitos adversos: Não disponível.

### 13 - Considerações sobre tratamento e disposição

- Produto: Não descartar o produto em rios, lagos, represas, esgotos e demais fluxos de água. Descarte de acordo com a legislação local vigente.
- Restos de produtos: Os resíduos do produto podem ser lavados com bastante água corrente, e neutralizados, conforme legislação local vigente.
- Embalagem utilizada: Pode-se neutralizá-las, conforme legislação local vigente.

### 14 - Informações sobre transporte

- Leis nacionais e internacionais: Não disponível
- Terrestre
- Número da ONU: 1719
- Nome apropriado para embarque: LIQUIDO ALCALINO CÁUSTICO N.E
- Classe de risco: 8
- Número de risco: 80
- Grupo de embalagem: III
- Hidroviário: Não disponível
- Aéreo: Não disponível
- Perigo ao meio ambiente: Todas as medidas devem ser tomadas respeitando as exigências dos órgãos ambientais locais.

### 15 - Regulamentações

- Legislação de Transporte Rodoviário de Cargas Perigosas ANTT n° 5232 de 2016.
- NBR7500/83: ABNT
- NBR 14725: ABNT (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ).

### 16 - Outras informações

- As informações contidas nesta Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos correspondem a dados coletados em diversas referências de conceituada credibilidade, e refletem nosso melhor conhecimento para manuseio deste produto sobre condições normais, entretanto a NSA Produtos Químicos Eireli Epp não fornece garantias a respeito das informações aqui apresentadas, portanto as mesmas devem ser utilizadas como referencial