

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

Vinícius Forcellini Roman Pedrollo

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AUTOLIMPEZA DE ARGAMASSA
DE REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE TiO₂**

Porto Alegre

2018

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

Vinícius Forcellini Roman Pedrollo

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AUTOLIMPEZA DE
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
COM ADIÇÃO DE TiO₂**

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

Orientadora: Angela Borges Masuero
Coorientadora: Caroline Giordani

Porto Alegre
2018

Vinícius Forcellini Roman Pedrollo

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AUTOLIMPEZA DE
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
COM ADIÇÃO DE TiO₂**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Monografia aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Fernanda Lamego Guerra

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Rosângela e Vinícius, e à minha irmã, Elis, pela compreensão e auxílio durante o período de seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À engenheira doutoranda Caroline Giordani, pela orientação, pelo incentivo, pela paciência interminável e pela ajuda prestada durante todas as etapas do trabalho.

À Profa. Angela Borges Masuero, pela orientação do trabalho e pelo auxílio prestado.

À Profa. Denise Dal Molin, pela indicação do trabalho e pelo auxílio prestado.

À arquiteta e bolsista Fernanda Lamego, pelo auxílio prestado ao longo do trabalho.

Aos laboratórios CMM, IGEO e LACER, pelos ensaios realizados.

Ao LAMTAC, por ceder suas instalações, equipamentos e demais recursos.

À ENGENHOSUL e à LEBES, por cederem suas instalações para a realização de ensaios e visitas à obra.

Ao NORIE, por ceder suas instalações ao longo do estudo. Aos professores e bolsistas do NORIE, pelo incentivo aos estudos e o conhecimento repassado. A todos do NORIE, em especial aos laboratoristas Airton, Gilmar e Ari e aos demais bolsistas.

RESUMO

Os revestimentos de fachada são expostos em ambientes com diferentes agentes de degradação, o que implica, com o passar do tempo, no aparecimento de manifestações patológicas diversas. Dentre elas, o manchamento das superfícies afeta o valor econômico e a aparência das edificações no ambiente urbano, além de exigir custos de manutenção. Com o avanço tecnológico da construção civil no Brasil, novas práticas construtivas começaram a ser implantadas, como a utilização de argamassas industrializadas e o uso de aditivos como o dióxido de titânio (TiO_2) em argamassas de cimento, que cria superfícies autolimpantes e pode solucionar problemas de manchamento nas edificações. Com o propósito de auxiliar a dosagem do teor de TiO_2 incorporado a uma argamassa em uma reforma em Porto Alegre, este trabalho avalia a eficiência da autolimpeza de uma argamassa industrializada com adição de TiO_2 . Foram confeccionados corpos de prova e amostras de revestimento de argamassa de cimento branco industrializada e dosada em laboratório com diferentes teores de adição de TiO_2 : 0% e 10% em relação a massa de cimento. Além disso, foram avaliadas as propriedades das argamassas por meio de diversos ensaios realizados e a eficiência da autolimpeza das mesmas. Metade das placas de revestimento foi manchada com Rodamina B, enquanto a outra metade não passou por nenhum processo de manchamento. Todas foram expostas na orientação noroeste, posicionadas na vertical e monitoradas durante 46 dias de exposição por meio de fotografias e leituras cromáticas (sistema CIE Lab). Para as amostras que passaram pelo manchamento, a variação de cor se mostrou mais intensa nas argamassas com adição de TiO_2 nos primeiros dias de exposição. Além disso, as placas com adição de TiO_2 manchadas apresentaram valores mais elevados de refletância no final da exposição.

Palavras-chave: Autolimpante. Argamassa de acabamento. Dióxido de titânio. Manchamento. Fachada. Cimento Branco.

ABSTRACT

Building façades are usually exposed to polluting agents, which causes several pathological manifestations. Among them, staining affects the economic value of the buildings and its appearance in the urban environment. The addition of titanium dioxide (TiO_2) to cement mortars develops self-cleaning surfaces capable to maintain its original color over time. New building construction techniques have begun to be applied in Brazil such as the use of pre-packaged mortar mix, in which dry materials are previously mixed in the industry. This study aims to evaluate the self-cleaning ability of TiO_2 -containing white cement pre-packaged mortars exposed to the urban environment of Porto Alegre, Brazil, in order to specify the TiO_2 content to be added to a specific mortar in a building refurbishment. Pre-packaged and on-site mixed mortars were prepared with different TiO_2 concentrations: 0% and 10%. Half of the samples were soiled by Rhodamine B and then exposed under outdoor conditions facing northwest arranged vertically. During the exposure test, photographs and colorimetric measurements (CIELab color space) using a portable spectrophotometer were taken to monitor the discoloration effect. A final analysis was performed at the end of the measurements, including statistical tests. Self-cleaning ability was better seen in the first days of exposure for the mortars with addition of 10% of TiO_2 . Besides, the stained samples with addition of 10% of TiO_2 showed higher values of reflectance at the end of the exposure.

Keywords: Self-cleaning. Mortar. Titanium dioxide. Façade. White cement. Staining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formas cristalográficas do TiO₂: (a) rutilo, (b) anatase; (c) brooquita.....	28
Figura 2 - Energia de bandgap nos materiais (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.....	30
Figura 3 - Espectro eletromagnético.....	31
Figura 4 - Comportamento de um material com propriedades fotocatalíticas: (a) o CO₂ como produto de reação de decomposição de poluentes; (b) Lâmina de água formada pela hidroflicidade do semicondutor, retirando os produtos das reações de decomposição.....	32
Figura 5 – Igreja Dives in Misericordia, Roma – Itália: a) em 2003; b) em Julho de 2018.....	34
Figura 6 – Fachada reformada do edifício Guaspari, um ano depois da finalização da obra	35
Figura 7 - Fluxograma do programa experimental.....	36
Figura 8 - Fluxograma do programa experimental	39
Figura 9 - Curva granulométrica da Cal hidratada.....	43
Figura 10 - Composição do dióxido de titânio por DRX.....	44
Figura 11 - Preparo das argamassas: (a) mistura dos componentes na argamassadeira; (b) mistura dos materiais; (c) ensaio de consistência.....	46
Figura 12 - Aplicação das argamassas nos moldes previamente produzidos.....	47
Figura 13 - Corpos de prova prismáticos depois de moldados: (a) adensamento da argamassa utilizando mesa vibratória; (b) argamassa adensada e etiquetada.....	47
Figura 14 – Todos os corpos de prova moldados.....	48
Figura 15 - Corpo de prova prismático na prensa sendo rompido: a) à tração na flexão; b) à compressão.....	49
Figura 16 - Corpos de prova em contato com a lâmina de água.....	50
Figura 17 – Formato da gota depositada sobre a superfície.....	52
Figura 18 - Manchamento das amostras: (a) Preparo da solução de	

Rodamina B; (b) Imersão das placas; (c) Secagem.....	53
Figura 19 - Suportes de madeira para a exposição das amostras de argamassa.....	54
Figura 20 - Amostras de argamassas fixas na no suporte de madeira.....	54
Figura 21 - Espaço de cor CIELab.....	55
Figura 22 - Gabarito utilizado para as leituras nas amostras.....	56
Figura 23 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação à resistência à tração na flexão.....	59
Figura 24 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação à resistência à compressão axial.....	62
Figura 25 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação à absorção de água por capilaridade.....	65
Figura 26 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação ao coeficiente de absorção por capilaridade.....	66
Figura 27 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação à densidade de massa aparente.....	68
Figura 28 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação ao módulo de elasticidade dinâmico.....	70
Figura 29 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO ₂ em relação à resistência de aderência à tração.....	74
Figura 30 - Comparação da variação de cor entre as amostras APS1 e APT1.....	76
Figura 31 - Comparação da variação de cor entre as amostras RS1 e RT2.	76
Figura 32 - Comparação da variação de cor entre as amostras APS2 e APT2.....	77
Figura 33 - Comparação da variação de cor entre as amostras RS2 e RT1.	77
Figura 34 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO ₂ em relação à variação de cor para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.....	79

Figura 35 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à refletância para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.....	79
Figura 36 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à “a” para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.....	80
Figura 37 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à B para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.....	81
Figura 38 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à variação de cor para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova sem manchamento.....	82
Figura 39 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à refletância para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados sem manchamento.....	82
Figura 40 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à A para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados sem manchamento.....	82
Figura 41 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO₂ em relação à B para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados sem manchamento.....	83
Figura 42 - Efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à refletância para as duas datas.....	84
Figura 43 - Efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à variação de cor para as duas datas.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz Experimental.....	38
Tabela 2 - Caracterização do cimento Portland branco utilizado.....	41
Tabela 3 - Caracterização do agregado miúdo.....	42
Tabela 4 - Granulometria a laser da Cal hidratada.....	42
Tabela 5 - Composição física do dióxido de titânio.....	43
Tabela 6 - Composição química do dióxido de titânio.....	44
Tabela 7 - Proporcionamento dos materiais das argamassas.....	46
Tabela 8 - Resistência média à tração na flexão das argamassas.....	58
Tabela 9 - Análise de variância das resistências à tração na flexão.....	59
Tabela 10 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência à tração na flexão.....	60
Tabela 11 - Resistência média à compressão das argamassas.....	61
Tabela 12 - Análise de variância das resistências à compressão no estado endurecido das amostras de argamassa.....	62
Tabela 13 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência à compressão.....	63
Tabela 14 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade.....	63
Tabela 15 - Análise de variância da absorção de água por capilaridade.....	64
Tabela 16 - Análise de variância do coeficiente de absorção das argamassas estudadas.....	65
Tabela 17 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de coeficiente de absorção por capilaridade.....	66
Tabela 18 - Densidade de massa aparente nas amostras de argamassa aos 14 dias.....	67
Tabela 19 - Análise de variância das densidades de massa aparente no estado endurecido das amostras de argamassa.....	67

Tabela 20 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de densidade de massa aparente.....	68
Tabela 21 - Módulo de elasticidade dinâmico aos 14 dias.....	69
Tabela 22 - Análise de variância do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas.....	69
Tabela 23 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de módulo de elasticidade dinâmico.....	70
Tabela 24 - Classificação das argamassas avaliadas pela classificação da NBR 13281.....	71
Tabela 25 - Classificação das argamassas avaliadas pela classificação MERUC (CSTB, 1993).....	71
Tabela 26 - Ensaio de resistência de aderência à tração.....	72
Tabela 27 - Análise de variância das resistências de aderência à tração das argamassas.....	73
Tabela 28 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência de aderência à tração.....	74
Tabela 29 - Média dos ângulos de contato encontrados para cada argamassa.....	75
Tabela 30 - Resultados encontrados referentes à caracterização das argamassas.....	75
Tabela 31 - Análise de variância da refletância do revestimento.....	83
Tabela 32 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para a refletância da argamassa utilizada.....	84
Tabela 33 - Análise de variância da variação de cor do revestimento.....	85
Tabela 34 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para a refletância da argamassa utilizada.....	86

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR - Norma Brasileira.

PICADA - Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment.

RS - Rio Grande do Sul.

UFRGS - Universidade do Rio Grande do Sul.

LACER – Laboratório de Materiais Cerâmicos

LAMTAC - Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

LISTA DE SÍMBOLOS

AP - Argamassa industrializada.

APT – Argamassa industrializada com adição de 10% de dióxido de titânio.

λ - comprimento de onda.

ρ - densidade de massa aparente.

μm - micro metro (10⁻⁶ metros).

μl – microlitro (10⁻⁶ litros).

ΔE - variação de cor no tempo.

ΔL^* - variação de refletância.

$^{\circ}\text{C}$ - grau Celsius.

% - porcentagem ou percentagem.

1:m - quantidade de cimento: agregados, em massa.

a* - coordenada cromática (verde a vermelho).

b* - coordenada cromática (azul a amarelo).

a/c - relação água/cimento.

BC - banda de condução.

cm - centímetro.

fc - resistência à compressão.

ftf - resistência à tração na flexão.

g - gramas.

h - horas.

M - metro.

Kg - quilograma.

min - minuto.

CO - monóxido de carbono.

E_g - energia de *bandgap*.

CPB - cimento Portland branco.

E_d - módulo de elasticidade dinâmico.

GPa - giga Pascal.

mm - milímetro.

nm - nanômetro (10^{-9} metros).

HO₂[•] - radical hidroperóxido.

L - litro.

L* - refletância.

MPa - mega Pascal.

HO[•] - radical hidroxila.

O₂⁻ - íon superóxido.

R - Argamassa com traço dosado em laboratório.

RT - Argamassa com traço dosado em laboratório com adição de 10% de dióxido de titânio.

RhB - Rodamina B.

T - temperatura.

TiO₂ - dióxido de titânio.

BV - banda de valência.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	21
2.2 OBJETIVOS	21
2.1.1 Objetivo principal	21
2.1.2 Objetivos específicos	21
2.2 LIMITAÇÕES	22
2.3 DELIMITAÇÕES	22
2.4 DELINEAMENTO	22
3 FACHADAS	24
3.1 DESEMPENHO DE FACHADAS	24
3.2 MANCHAMENTO EM FACHADAS	25
4 DIÓXIDO DE TITÂNIO	27
4.1 HISTÓRICO.....	27
4.2 PROPRIEDADES.....	28
4.3 FOTOCATÁLISE.....	29
4.4 APLICAÇÕES.....	33
5 PROGRAMA EXPERIMENTAL	35
5.1 VARIÁVEIS DE RESPOSTA	36
5.2 PARÂMETROS DO PROCESSO	37
5.3 MATRIZ EXPERIMENTAL	37
5.4 FLUXOGRAMA	38
6 MATERIAIS E MÉTODOS	40
6.1 MATERIAIS	40
6.1.1 Argamassa dosada em laboratório	40
6.1.1.1 Cimento Portland estrutural branco	40
6.1.1.2 Agregado miúdo	41
6.1.1.3 Cal hidratada	42
6.1.1.4 Dióxido de Titânio (TiO ₂)	43
6.1.2 Argamassa industrializada.....	45
6.1.2 CONFECÇÃO DAS ARGAMASSAS	45
6.2.1 Moldagem das amostras	45
6.3 ENSAIOS REALIZADOS	48
6.3.1 Resistência à tração na flexão e à compressão	48
6.3.2 Absorção de água por capilaridade	49
6.3.3 Módulo de Elasticidade Dinâmico	50
6.3.4 Resistência de aderência à tração	51
6.3.5 Ângulo de Contato e Tensão interfacial	52
6.3.6 Análise Colorimétrica	52
6.3.6.1 Manchamento	52
6.3.6.2 Exposição	53
6.3.6.3 Avaliação	55
7 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	58

7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS	58
7.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS	71
7.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	72
7.4 ÂNGULO DE CONTATO E TENSÃO SUPERFICIAL	74
7.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS AMOSTRAS	76
7.6 DADOS COLORIMÉTRICOS	78
7.6.1 Dados colorimétricos das amostras de argamassa manchadas	78
7.6.2 Dados colorimétricos das amostras de argamassa não manchadas	81
7.6.3 Dados colorimétricos da argamassa AP aplicada em edifício histórico no centro de Porto Alegre	83
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
8.1 CONCLUSÕES	87
8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	89
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A - Precipitações pluviométricas em Porto Alegre durante o período de exposição das amostras	95
APÊNDICE B - Dados Colorimétricos	96

1 INTRODUÇÃO

As fachadas das edificações podem ser definidas como elementos que limitam o espaço externo do espaço interno, de forma que têm importante papel na configuração das paisagens urbanas (PETRUCCI, 2000). O revestimento de fachada compõe a parte externa e exposta das edificações e tem papel de extrema relevância em uma edificação, pois além de fazer parte do acabamento final e, conseqüentemente, ser responsável pela valorização econômica do imóvel, é o principal responsável pela proteção contra os agentes externos (CHAVES, 2009).

No Brasil, apesar do avanço tecnológico dos sistemas construtivos nas últimas décadas, Britez (2007) já afirmava que o revestimento de argamassa ainda era o mais usado nas fachadas das edificações. Nos dias de hoje, ainda se verifica o mesmo. Nesse contexto, o revestimento externo fica exposto a agentes de degradação, o que implica no aparecimento de diversas manifestações patológicas. Segundo Petrucci (2000), a exposição do revestimento a esses fatores pode causar perda de desempenho dos materiais que o constituem, chegando a levar até mesmo à ruína da edificação, caso aconteçam ininterruptamente.

Porém, de acordo com Verhoef (2004), as conseqüências mais comuns são as manchas causadas pela deposição de partículas poluentes, que afetam a aparência e o valor econômico da edificação e que, segundo Treviso (2015), levam a um aumento de custo de manutenção e limpeza. Os danos causados pelas manchas não afetam apenas os usuários da edificação, mas também a sociedade e o ambiente urbano local por desvalorizar todo o ambiente construído no contexto urbano (AUSTRIA, 2015). Maranhão (2009) acrescenta que essas manchas podem ser causadas pela deposição de poluentes atmosféricos e também pela proliferação de micro-organismos.

De acordo com Austria (2015), a limpeza é um dos itens essenciais para garantir a boa conservação de uma fachada, no entanto a prática é incomum devido ao custo envolvido nesse tipo de atividade. Com o intuito de diminuir os custos de manutenção devido a esta manifestação patológica, as superfícies com capacidade de se autolimpar se tornam bastante atraentes. De acordo com Treviso (2015), a adição de TiO_2 às argamassas de cimento desenvolve superfícies autolimpantes devido à característica fotocatalítica do material adicionado, reduzindo o

manchamento e mantendo a coloração original ao longo do tempo por meio de reações químicas que produzem agentes fortemente oxidantes.

Uma vez que o setor da construção civil passou por forte aquecimento no início do século XXI, apresentando um aumento significativo na demanda de produção e, por consequência, de insumos, os processos construtivos se adaptaram a novas formas de abastecimento de materiais (THOMAS, 2012). Um exemplo é o uso de argamassas industrializadas, entregues com a mistura a seco já pronta em obra, bastando adicionar água e misturar na argamassadeira para ser utilizada. Na cidade de Porto Alegre, uma reforma realizada no edifício Guaspari, localizado na rua Borges de Medeiros, número 262, no Centro Histórico de Porto Alegre, necessitou de uma argamassa industrializada de cimento branco com características autolimpantes, já que o mesmo apresentava problemas de manchamento por ter fachada de argamassa de cimento branco e por se localizar em local com bastante poluição. Nesse contexto, visando investigar a eficiência da autolimpeza de uma argamassa de acabamento industrializada de cimento branco com adição de TiO_2 , aproximando os resultados obtidos por trabalhos anteriores a uma realidade prática de obra, optou-se por realizar o presente estudo.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Na seção abaixo, serão tratadas as diretrizes de pesquisa, seus objetivos, limitações, delimitações e delineamento.

2.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em principal e específicos e são descritos a seguir.

2.1.1 Objetivo principal

Objetivo principal deste trabalho é avaliar a eficiência da autolimpeza de uma argamassa para acabamento final industrializada de cimento branco com adição de TiO_2 , exposta ao microclima urbano na cidade de Porto Alegre.

2.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

a) comparar a capacidade autolimpante de uma argamassa industrializada e de uma argamassa dosada em laboratório, com o mesmo teor de TiO_2 adicionado, utilizando manchamento com Rodamina B;

b) avaliar a influência da adição de TiO_2 nas propriedades e características das duas argamassas no estado fresco e no estado endurecido: resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade dinâmico, densidade de massa aparente, absorção de água por capilaridade e aderência ao substrato;

c) avaliar a manutenção da limpeza da argamassa industrializada de cimento branco aplicada como revestimento na reforma do edifício Guaspari, localizado no Centro Histórico de Porto Alegre.

2.2 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho são:

- a) avaliou-se a argamassa industrializada de um fabricante e um traço de argamassa dosado em laboratório;
- b) utilizou-se apenas um tipo de manchamento com Rodamina B;
- c) O TiO_2 utilizado foi proveniente de um único fabricante e em um único teor;
- d) não foi avaliada a durabilidade do revestimento devido à necessidade de observação dos corpos de prova por um período maior.
- e) o uso de consistências diferentes nas argamassas foi devido à necessidade de trabalhabilidade para viabilizar a aplicação.

2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho é delimitado à exposição das amostras ao microclima urbano do centro da cidade de Porto Alegre, na orientação solar noroeste.

2.4 DELINEAMENTO

Este trabalho está estruturado em 8 capítulos e a seguir serão apresentadas as descrições dos mesmos.

No capítulo um, é realizada uma apresentação mais abrangente, onde é feita uma contextualização do tema e a sua importância.

No capítulo dois, são discutidos o objetivo, a justificativa, as limitações e delimitações do trabalho.

No capítulo três, é abordado o conceito de fachada, seu papel no contexto urbano, a importância do seu desempenho e os problemas de manchamento.

No quarto capítulo é apresentado um breve histórico do dióxido de titânio, as formas em que o mesmo é encontrado na natureza, suas aplicações e propriedades. Além disso, a fotocatalise e o processo de aplicação do dióxido de titânio é abordada.

Os capítulos 5 e 6 são compostos pelo projeto experimental do trabalho, incluindo as variáveis de resposta, os parâmetros do processo, todos os ensaios laboratoriais realizados, descrição das etapas que compõem a parte experimental do trabalho, caracterização dos materiais e a metodologia utilizada nos ensaios.

O capítulo 7 apresenta uma análise geral dos resultados obtidos e discute, com base em uma análise estatística quantitativa e qualitativa, a eficiência da autolimpeza das argamassas e suas propriedades.

Por fim, nas considerações finais, os resultados encontrados são expostos, assim como a conclusão e as sugestões para trabalhos futuros.

3 FACHADAS

Segundo Petrucci (2000), as fachadas são os elementos que delimitam os espaços internos dos externos, de forma que representam papel importantíssimo na configuração das paisagens ou espaços urbanos. Não obstante, de acordo com Chaves (2009), as fachadas exercem função de proteção em conjunto com as vedações, atendendo requisitos de estanqueidade, isolamento termoacústico, durabilidade e resistência ao fogo.

3.1 DESEMPENHO DE FACHADAS

As especificações de desempenho das edificações são definidas pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013) como sendo um conjunto de requisitos e critérios de desempenho estabelecidos para a edificação ou seus sistemas. Além disso, define a vida útil como um período compreendido do início da utilização de um produto até o momento em que o desempenho não atende mais aos requisitos mínimos dos usuários. Para o caso das vedações verticais externas, a mesma norma estabelece a vida útil de, no mínimo, 40 anos para as fachadas em geral e de 20 anos para fachadas aderidas.

A proteção das edificações está intimamente ligada ao revestimento de fachada e a sua condição de atingir seu desempenho. Nesse contexto, os elementos estruturais e de vedação muitas vezes necessitam dessa proteção para que atinjam seu desempenho e vida útil esperado, o que evidencia a importância indireta da proteção gerada pelo revestimento de fachada para outros elementos construtivos (CHAVES, 2009).

Na NBR 15575-1 (ABNT, 2013) também consta que os requisitos para os sistemas de vedações verticais, tanto interna como externa, se referem ao desempenho estrutural, à segurança contra incêndio, à segurança no uso e na operação, à estanqueidade, ao desempenho térmico, ao desempenho acústico, ao desempenho lumínico, à durabilidade, à manutenabilidade, à saúde, ao conforto antropodinâmico e à adequação ambiental. No que diz respeito à manutenabilidade e durabilidade dos sistemas em questão, deve-se manter a capacidade funcional e as

características estéticas compatíveis ao envelhecimento natural dos materiais durante a vida útil da edificação.

De acordo com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2001), a manutenção em edificações não é prática comum no Brasil. Tinoco (2014) adiciona que os projetos de conservação executados no país raramente estão associados a ações periódicas de gestão e manutenção. O fato se deve à necessidade de mão de obra especializada, aluguel de equipamentos, entre outros itens, que levam a um alto investimento. Por outro lado, as intervenções realizadas de forma tardia geralmente são muito mais onerosas (Chaves, 2009).

Na cidade de Porto Alegre/RS, uma pesquisa realizada por Lersch (2003) indica que 32% das edificações consideradas históricas de patrimônio cultural apresentam registros de danos devido à falta de manutenção, 10% se encontram em situação de abandono e 58% apresentam conservação preventiva. Uma década após, outra pesquisa, realizada na mesma cidade por Oliveira (2013), que analisou 135 edificações localizadas em área central, indiferente do tipo de uso (comercial, residencial, mista ou religiosa), apresenta que 43% possui alto nível de comprometimento de conservação, enquanto 45% apresentam nível médio e apenas 4% apresentaram nível de comprometimento baixo.

As pesquisas realizadas na cidade de Porto Alegre/RS acima citadas fortalecem o papel da manutenção nas fachadas, de forma a evitar com que os edifícios atinjam níveis críticos de desempenho.

3.2 MANCHAMENTO EM FACHADAS

As manchas no revestimento são um dos grandes problemas de manifestações patológicas em fachadas. Assim, é de suma importância investigar seus agentes e mecanismos, a fim de buscar uma solução para o problema. De acordo com Petrucci (2000), manchas em fachadas podem ser definidas como uma alteração formal e frequente do revestimento da fachada de uma edificação, que tem como consequência o surgimento de uma deterioração física do material.

Existem dois tipos de fatores envolvidos no manchamento de fachadas: os fatores extrínsecos e os intrínsecos. Os primeiros se referem às condições ambientais, que englobam os contaminantes atmosféricos e os agentes climáticos,

independentes das características da fachada. Já os fatores intrínsecos dizem respeito à materialização da edificação, a sua forma e geometria construídas (PETRUCCI, 2000). Segundo Chaves (2009), a geometria, a forma e os relevos da superfície afetam a maneira com que o vento e a chuva incidem sobre a fachada, modificando a sua trajetória e a distribuição das linhas de fluxo, o que acaba por gerar pressão ou sucção sobre as fachadas. Isso permite o transporte de partículas e também exerce uma ação de limpeza. A combinação de intempéries com contaminantes e sua interação com o material das fachadas leva a mudanças visuais na estética dos edifícios, chegando a pontos que podem alterar até mesmo a intenção do projetista. Quando as modificações de aparência do edifício são causadas pela deposição e aderência de partículas sólidas na superfície, ocorre a manifestação patológica de manchamento (PETRUCCI, 2000).

De acordo com a pesquisa de Lersch (2003), na cidade de Porto Alegre/RS, a poluição atmosférica encontrada no centro da cidade, aliada às condições climáticas e à falta de conservação, são fatores que auxiliam para o início de sinais de manchamento nas edificações. A mesma autora aponta que a falta de manutenção preventiva e intervenções indevidas dos usuários também agravam a situação.

Outra pesquisa realizada no mesmo local por Oliveira (2013) confirma que a grande parte das edificações localizadas na zona central de Porto Alegre sofre com problemas de manchamento na fachada, tanto por meio de sujidades como pela percolação da água.

4 DIÓXIDO DE TITÂNIO

O dióxido de titânio se apresenta na natureza em alguns minerais como a ilmenita e o rutilo, sendo que a maior parte da produção mundial é proveniente do primeiro mineral, que possui menor teor, porém maior disponibilidade. Dois terços de suas reservas minerais se localizam na China, na Austrália e na Índia (BRASIL, 2013).

No Brasil, a principal mina explorada se encontra no litoral da Paraíba, e representa aproximadamente 75% da produção de concentrados de ilmenita e rutilo no país (BRASIL, 2013).

4.1 HISTÓRICO

Desde a segunda metade do século XX, estudos vem sendo realizados com o dióxido de titânio no âmbito da fotocatalise ambiental, das superfícies autolimpantes e, mais recentemente, de hidrofobicidade fotoinduzida, que inclui as superfícies autolimpantes e também as superfícies antiembaçantes, que formam a maior parte das pesquisas com o material em questão (FUJISHIMA; RAO; TRYK, 2000). Akira Fujishima é um dos grandes pesquisadores japoneses a trabalhar com TiO_2 durante décadas. Na década de 1980, o autor e sua equipe realizaram uma pesquisa que envolvia fotocatalise com o fim de diminuir os poluentes do ambiente em uma área hospitalar. Os resultados demonstraram considerável redução na concentração de bactérias existentes (ALMEIDA, 2011).

Apesar de apresentar visíveis benefícios ambientais com o uso de TiO_2 , este material ainda não havia sido devidamente explorado na indústria, já que a atividade fotocatalítica depende da quantidade de raios UV absorvidos, e o TiO_2 absorve apenas cerca de 5% (HASHIMOTO *et al.*, 2005). Entretanto, na década de 1970, Frank e Bard (1977) chegaram à conclusão de que o uso do material para o tratamento de substâncias aderidas apenas a superfícies poderia ser eficiente, já que não necessitaria de grandes quantidades absolutas de absorção de raios UV, por se tratar de um problema em duas dimensões.

De acordo com Fujishima *et al.* (2000), nos anos 2000, os produtos com adição de TiO_2 cresceram muito no mercado Japonês, e se concentram em materiais de uso externo (telhas, vidros, pavimentos, mobiliário, purificadores e artigos

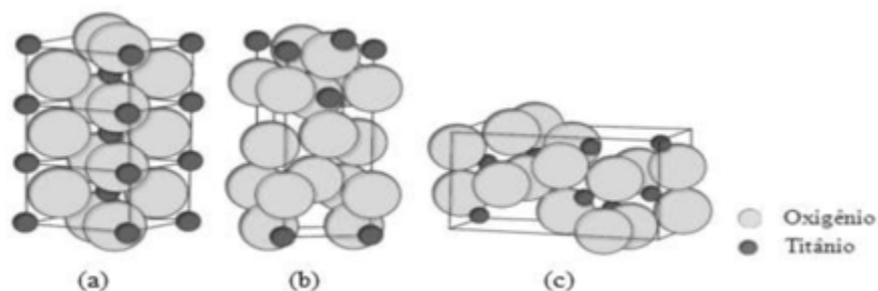
domésticos). Já no ano de 2002, foi criado o projeto PICADA (*Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment*), na Europa, com o intuito de compreender melhor os mecanismos de reação fotocatalítica e o seu efeito na limpeza de fachadas e na despoluição do ar. Durante o período de três anos, foram desenvolvidos alguns produtos prontos para uso em fachadas, assim como argamassas decorativas com cimento branco, cal e areia (PICADA PROJECT, 2006).

4.2 PROPRIEDADES

O TiO_2 , quando em seu estado puro, se apresenta em forma de pó, com coloração branca (FERNANDES, 2009) e elevada pureza cristalina (FONSECA, 2009). O material está presente em três possíveis formas cristalográficas: rutilo, anatase e brooquita. A primeira é a mais estável termodinamicamente com temperaturas variadas à pressão atmosférica, a anatase é a forma mais estável à temperatura ambiente e a brooquita possui estabilidade intermediária (ABDULLAH *et al.*, 2007).

Das três formas, a anatase é a mais útil para aplicações de fotocatalise devido ao seu poder oxidante ao ser exposta à radiação ultravioleta, a sua estabilidade química e à baixa toxicidade. O rutilo é muito utilizado na indústria como pigmento devido ao seu alto índice de refração e abundante disponibilidade no mundo. Já a brooquita não possui aplicações industriais (PEREIRA *et al.*, 2009). Na figura 1, é possível visualizar as três formas do TiO_2 .

Figura 1 - Formas cristalográficas do TiO_2 : (a) rutilo, (b) anatase; (c) brooquita



Fonte: MELO, 2011.

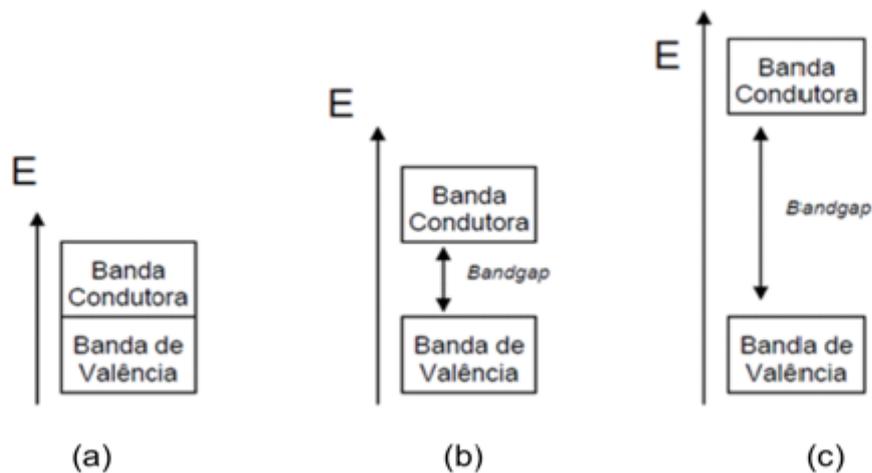
4.3 FOTOCATÁLISE

Segundo Maranhão (2009), a fotocatalise é um processo eletroquímico que se baseia em acelerar as reações de oxidação e redução de substâncias, tanto orgânicas quanto inorgânicas, por meio da incidência de energia. Além disso, a superfície do material se torna super-hidrofílica, formando uma lâmina d'água capaz de arrastar partículas que estão aderidas na superfície quando há presença de chuva. O autor adiciona que essa característica fotocatalítica torna as superfícies autolimpantes. Segundo Benedix (2000), a limpeza de superfícies hidrofílicas (com ângulo de contato da água próximos a 0°) se assemelha aos casos em que se usa sabão e detergente, em que há a diminuição da tensão superficial da água.

De acordo com Lacey e Schirmer (2008), existem dois sistemas de fotocatalise: o homogêneo e o heterogêneo. No sistema homogêneo, o catalisador das reações se encontra na mesma fase dos compostos que serão degradados. Já no segundo, o catalisador é afixado a um material de suporte, sendo colocado no meio a ser tratado, o que envolve a ativação de um material semicondutor por luz solar ou por luz artificial, e atua como um mecanismo de descontaminação ambiental, característica responsável por criar grande interesse em diversos grupos de pesquisa.

Sob a ótica da condutividade elétrica, qualquer material sólido pode ser classificado como isolante, condutor ou semicondutor (figura 2). Os isolantes possuem estrutura eletrônica composta por bandas de valência e de condução separadas por descontinuidades (energia de *bandgap*) muito grandes, o que impede a troca de elétrons entre as bandas. Já em materiais condutores, os *bandgaps* não existem, portanto, os níveis de energia são contínuos, de forma que os elétrons podem mover-se entre as bandas. Um material semicondutor, como o TiO_2 , é aquele em que a promoção de um elétron da banda de valência para a de condução é realizada por meio de absorção de fótons com energia superior à energia de *bandgap* que, no caso do TiO_2 , traz como efeito a geração de radicais hidroxila ($\text{HO}\cdot$) a partir de moléculas de água, com o poder de oxidação necessário para degradar compostos poluentes (MARANHÃO, 2009). A Figura 2 ilustra as características de materiais com diferentes propriedades condutoras.

Figura 2 - Energia de *bandgap* nos materiais (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes



Fonte: MARANHÃO, 2009.

A energia de *bandgap* (E_g) está associada a um comprimento de onda (λ), que deve ser igual ou menor do que o calculado pela equação de Planck (equação 1):

$$\lambda \leq \frac{h \cdot c}{E_g}$$

(Equação 1)

Onde:

λ = comprimento de onda (nm);

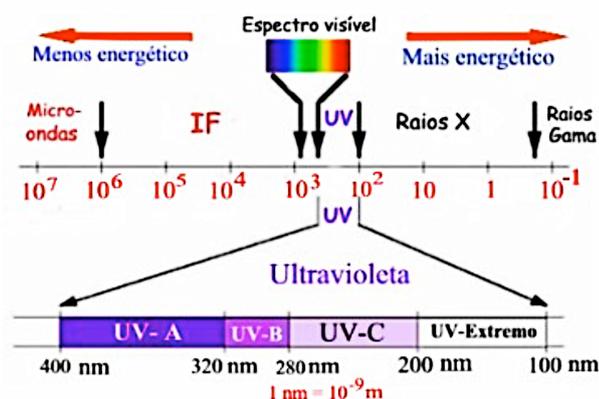
h = constante de Planck, $4,136 \times 10^{-16}$ (eV.s);

c = velocidade da luz, $2,988 \times 10^8$ (m/s);

E_g = energia de *bandgap* ($E_{gTiO_2} = 3,2$ eV).

Dessa forma, o λ encontrado para o TiO_2 é de 387 nm, resultado compatível com a energia fornecida pela radiação do sol na faixa dos raios UV-A (comprimento de onda entre 320 e 400 nm), como pode ser observado na Figura 3.

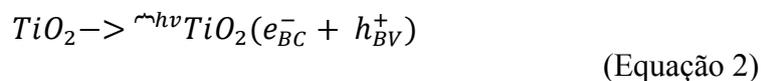
Figura 3 - Espectro eletromagnético



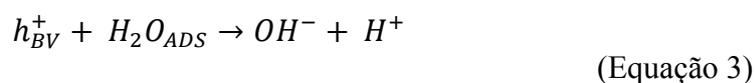
Fonte: adaptado de RC. UNESP, 2018.

De acordo com Maranhão (2009), a sequência de reações fotocatalíticas pode ser resumida da seguinte forma:

a) é iniciado o processo de fotocatalise com a incidência de raios ultravioleta, o que desloca os elétrons da banda de valência para a banda de condução, formando o par elétron (e) /lacuna (h):



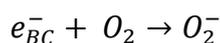
b) há uma dissociação da água adsorvida na superfície em OH^- e H^+ devido à falta de elétrons na banda de valência:



c) a falta de elétrons na banda de valência age na OH^- , dissociada da água, o que acaba por formar o radical hidroxila:

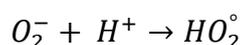


d) o elétron que foi deslocado para a banda condutora reduz o oxigênio e forma o ânion superóxido:



(Equação 5)

e) por fim, o ânion superóxido reage com H^+ dissociado da água para produzir radicais hidroperóxidos:

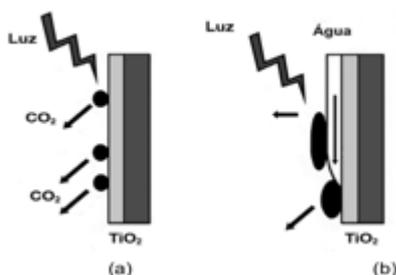


(Equação 6)

Dentre os fatores responsáveis pelo desempenho do processo de fotocatalise, destacam-se a quantidade de partículas de TiO_2 fotoativadas, o tamanho da partícula de TiO_2 , a estrutura cristalina, a fonte de iluminação e as condições do meio de reação em que se encontra (FERNANDES, 2009). Nesse contexto, o TiO_2 está muito próximo de ser um catalisador semiconductor ideal (CARP; HUISMAN; RELLER, 2004).

Para que a fotocatalise ocorra, é necessária uma fonte de radiação ultravioleta, como já foi citado anteriormente. Os raios ultravioletas se decompõem entre os tipos UV-A, UV-B E UV-C. Em ambientes externos, a radiação é fornecida pelo sol, já em ambientes internos se faz necessário o uso de luzes fluorescentes, que também são uma fonte de raios ultravioleta, porém com menor intensidade, o que traz como consequência uma diminuição dos benefícios provenientes da fotocatalise (PARAMÉS, 2008). Na Figura 4, está representado o comportamento de um material com propriedades fotocatalíticas.

Figura 4 – Comportamento de um material com propriedades fotocatalíticas: (a) o CO_2 como produto de reação de decomposição de poluentes; (b) lâmina de água formada pela hidrofiliabilidade do semiconductor, retirando os produtos das reações de decomposição



Fonte: adaptado de FUJISHIMA *et al.*, 2008 por Austria, 2015.

Por fim, segundo Stamate e Lazar (2007), a fotocatalise é um processo que apresenta muitas vantagens quando comparada a outros processos oxidativos avançados mais tradicionais, já que utiliza um fotocatalisador de relativo baixo custo, ocorre em temperatura ambiente, não necessita de reagente químico e não produz reações secundárias.

4.4 APLICAÇÕES

A maior parte da produção de dióxido de titânio no mundo, em torno de 98%, é utilizada na indústria como pigmento, enquanto os 2% restantes se restringem à produção de metais, soldagem, revestimentos, entre outros (CARP; HUISMAN; RELLER, 2004). Apesar da grande discrepância proporcional entre os usos do material em questão, Fonseca (2009) enfatiza que o TiO_2 fotocatalítico pode ser utilizado em diversas áreas, como no tratamento de água, autolimpeza de materiais, efeito antiembaçante e purificação do ar.

De acordo com Parabés (2008), qualquer superfície exterior pode possuir propriedades fotocatalíticas, desde que haja energia necessária incidindo para que catalise a reação química. O mesmo autor também adiciona que o TiO_2 pode ser aplicado em materiais construtivos diversos na forma de película, sobre o substrato, ou na matriz do material.

Para Treviso (2016), existem duas formas possíveis de utilizar o TiO_2 como adição em materiais cimentícios: incorporado na mistura de concretos e argamassas, ou por aspersão. No caso de incorporado na mistura, o TiO_2 pode ser adicionado a seco na mistura ou pode ser diluído na água de amassamento. Já no caso de revestimento, pode ser aplicado como tinta, solução aquosa ou também como cobertura, na forma de uma argamassa de acabamento. Exemplos de materiais comercializados atualmente no mercado da construção civil são alguns tipos de cimento com adição de TiO_2 , idealizados por uma empresa de origem italiana (AUSTRIA, 2015).

A incorporação de TiO_2 a misturas de cimento branco tem por objetivo principal a manutenção das características estéticas da fachada devido à condição autolimpante agregada ao material. Além disso, a descontaminação do ar, que envolve a decomposição de poluentes e compostos orgânicos, é outra vantagem da adição (GUROL, 2006).

Porém, segundo Krishnan *et al.* (2013), mesmo com os benefícios apontados por diversos estudos com TiO_2 , o custo-benefício da adição do material não é satisfatório, uma vez que somente as partículas expostas à radiação ultravioleta podem ser ativadas; portanto, grande parte do material utilizado em uma mistura com argamassa, por exemplo, não será utilizada. Nesse contexto, diversas formas de aplicação do TiO_2 por meio de solução aquosa foram pesquisadas por Abdullah *et al.* (2007). Entretanto, os resultados encontrados deixam a desejar devido à perda de aderência deste pó, ao longo do tempo, em superfícies expostas às intempéries (DIAMANTI *et al.*, 2008).

Um exemplo de aplicação de cimento branco com TiO_2 é a igreja Dives in Misericordia, localizada em Roma, na Itália. Obra do arquiteto Richard Meier, foi iniciada em 1996 e finalizada sete anos depois. Foi utilizado concreto branco aparente e se previa que a autolimpeza promovida pela propriedade fotocatalítica do material auxiliasse na estética da edificação ao longo do tempo. A figura 5 apresenta a igreja em duas idades diferentes.

Figura 5 – Igreja Dives in Misericordia, Roma – Itália: a) em 2003; b) em Julho de 2018



Fonte: ARCVISION, 2003.

Outro projeto em que houve o emprego de TiO_2 foi na reforma do edifício Guaspari, já citado anteriormente neste trabalho, cuja fachada pode ser visualizada na Figura 6.

Figura 6 – Fachada reformada do edifício Guaspari, no Centro Histórico de Porto Alegre, em Agosto de 2018, um ano depois da finalização da obra.



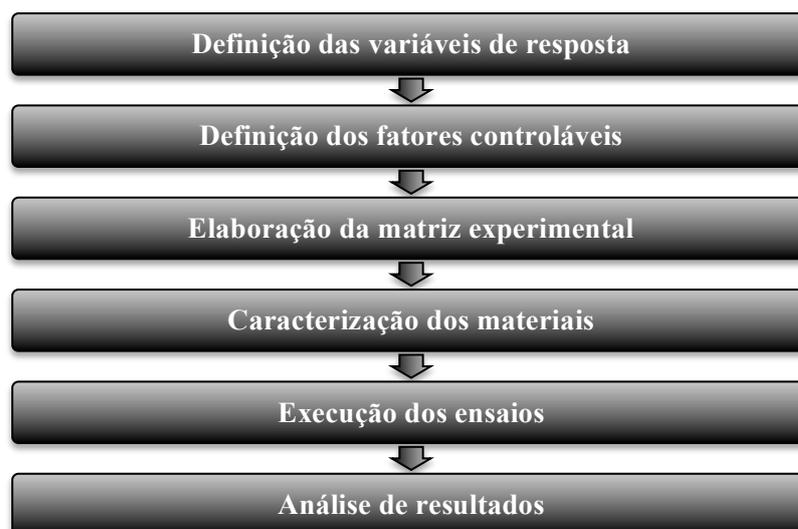
Fonte: arquivo pessoal do autor.

5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Baseado em conceitos estatísticos, a metodologia de um projeto de experimentos tem por fim otimizar o planejamento, a execução e a análise dos resultados do experimento. Um projeto de experimentos é muito mais eficiente quando comparado a uma sequência de experimentos não estruturados (RIBEIRO; CATEN, 2001).

O projeto experimental deste estudo possui base estatística com o intuito de obter resultados de maior confiabilidade. Todas as combinações dos níveis dos fatores foram investigadas com a intenção de verificar o efeito isolado no fator das respostas. Na figura 7, estão ilustradas as etapas de processo do projeto experimental.

Figura 7 - Divisão de etapas do projeto experimental



Fonte: elaborado pelo autor.

5.1 VARIÁVEIS DE RESPOSTA

Os aspectos de um produto que podem ser medidos ou que podem quantificar as características de qualidade são definidos como os indicadores de desempenho ou variáveis de resposta (RIBEIRO; CATEN, 2001). No presente estudo, os indicadores de desempenho avaliados estão relacionados à análise colorimétrica de superfícies. Assim, os ensaios realizados em laboratório permitem avaliar as propriedades das argamassas, e a avaliação da autolimpeza se dá por meio do monitoramento da variação da cor no tempo e da refletância. As variáveis de resposta deste estudo são:

- a) resistência à compressão axial;
- b) resistência à tração na flexão;
- c) módulo de elasticidade dinâmico;
- d) densidade de massa aparente;
- e) absorção de água por capilaridade;
- f) aderência ao substrato;
- g) variação da cor no tempo (ΔE);
- h) refletância (L^*);
- i) tensão superficial.

5.2 PARÂMETROS DO PROCESSO

De acordo com Treviso (2016), as variáveis consideradas independentes se agrupam em fatores constantes, controláveis e não controláveis. Para o presente estudo, os parâmetros relacionados a cada um desses fatores são listados a seguir:

a) Fatores constantes:

- utilização de TiO_2 de um mesmo lote de um único fabricante;
- ordem de aplicação dos materiais na mistura realizada na argamassadeira;
- aplicação de um tipo de manchamento: Rodamina B;
- utilização de espectrofotômetro calibrado antes das leituras de cor nas amostras;
- temperatura e umidade relativa do ar no momento da mistura das argamassas (amostras moldadas no mesmo dia).

b) Fatores controláveis:

- idade de coleta dos dados;
- teor de TiO_2 em relação à massa de cimento da mistura da argamassa: 0% e 10%;
- duas argamassas de revestimento: uma industrializada, e outra produzida em laboratório com materiais conhecidos.

c) Fatores não controláveis:

- acabamento superficial dos corpos de prova;
- condições climáticas durante o período de exposição;
- variações no manchamento entre as placas.

5.3 MATRIZ EXPERIMENTAL

As variáveis independentes escolhidas para a matriz experimental são:

- a) Inclinação de exposição: 90° ;
- b) Orientação solar noroeste;
- c) Dois teores de TiO_2 : 0% e 10%;
- d) Dois tipos de argamassa: uma industrializada e outra dosada em laboratório.

Assim, combinando as variáveis acima citadas, tem-se a produção de 4 amostras por manchamento, portanto totalizando 8 amostras devido à repetição para fins de comparação, que estão ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz experimental

Argamassa	Teor de TiO ₂	Corpo de Prova
R	0%	RS (sem adição)
	10%	RT (com adição)
AP	0%	APS (sem adição)
	10%	APT (com adição)

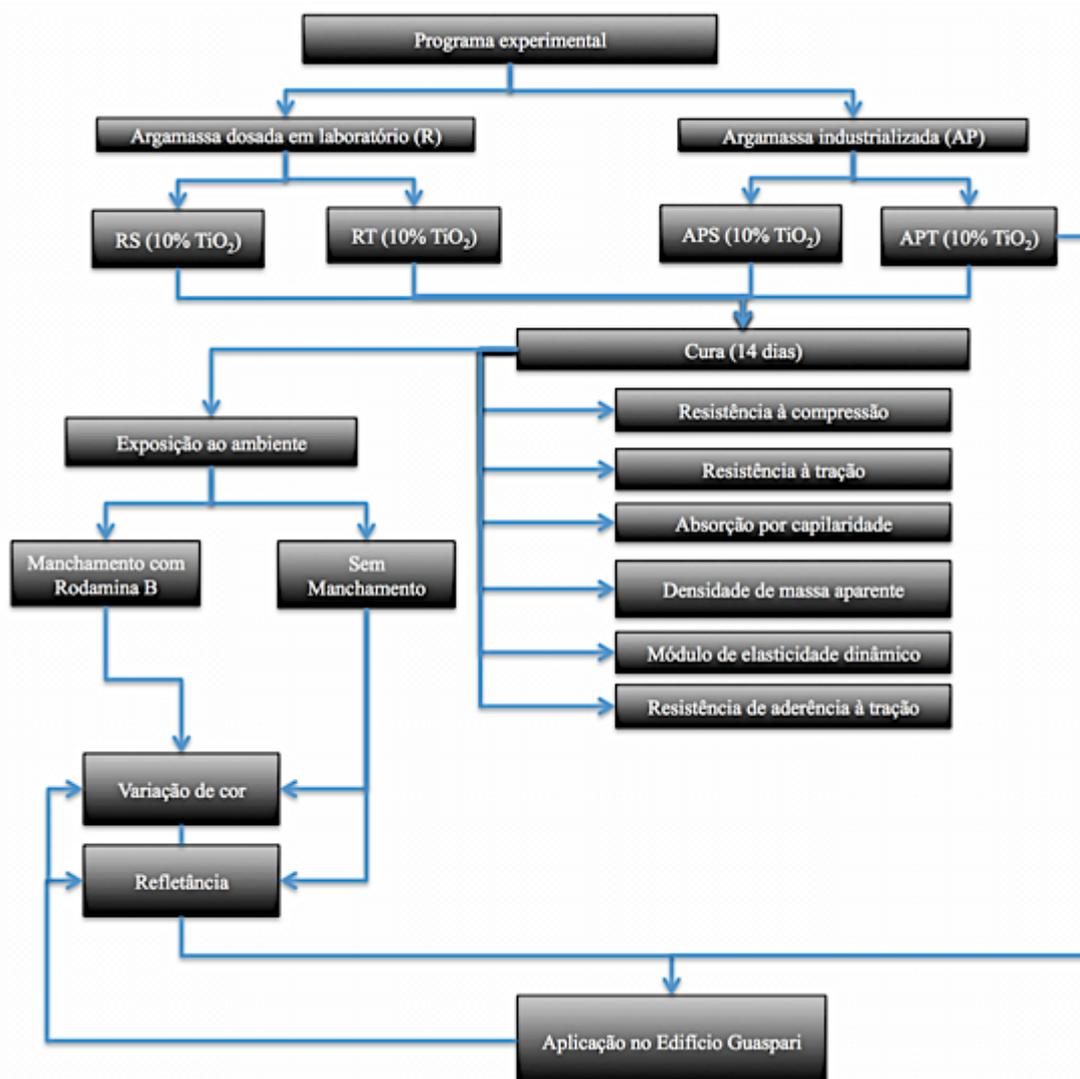
R: argamassa dosada em laboratório; AP: argamassa industrializada; os corpos de prova foram expostos na orientação solar noroeste e dispostos na vertical.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.4 FLUXOGRAMA

O programa experimental foi dividido nas seguintes etapas: produção das amostras, caracterização das argamassas, manchamento, exposição externa, análise colorimétrica e ensaios de laboratório. A sequência das atividades pode ser visualizada na figura 8.

Figura 8 - Fluxograma do programa experimental



Fonte: elaborado pelo autor

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Nos tópicos a seguir, serão caracterizados os materiais que foram empregados neste estudo e descrita a metodologia utilizada para a dosagem dos materiais, moldagem dos corpos de prova e exposição das amostras.

6.1 MATERIAIS

Para o presente estudo, foram utilizadas duas argamassas: uma industrializada e outra dosada em laboratório. Os componentes utilizados para a confecção destas foram: cimento Portland branco, agregado miúdo, água e dióxido de titânio (TiO_2) e argamassa industrializada ensacada.

6.1.1 Argamassa dosada em laboratório

A seguir, serão descritos os materiais utilizados na confecção das argamassas dosadas em laboratório.

6.1.1.1 Cimento Portland estrutural branco

O cimento Portland estrutural branco utilizado nas argamassas de referência deste trabalho foi importado do México por uma distribuidora de cimentos brasileira. A caracterização física e mecânica fornecida pelo fabricante está representada na Tabela 3.

A partir dos resultados apresentados, nota-se que o cimento atende às especificações da norma NBR 16697 (ABNT, 2018) e que é compatível com a especificação brasileira de cimento Portland branco CPB 40. Em complemento aos dados fornecidos pelo fabricante, o ensaio de massa específica do cimento (NBR 16605, 2017) foi realizado no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/UFRGS) e também está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização do cimento Portland branco utilizado

Dados do cimento utilizado (CPB - 40)	
Propriedades físicas	
Propriedade	Resultado
Massa específica (gm/cm ³)*	3,06
Superfície específica (m ²) - BET	2,133
Finura (resíduo acima de 45 µm) (%)*	0,11
Diâmetro Médio (µm)	10,91
Diâmetro a 10% (µm)	0,91
Diâmetro a 50% (µm)	8,02
Diâmetro a 90% (µm)	24,78
Resistência à compressão - 3 dias (MPa)	30,55
Resistência à compressão - 7 dias (MPa)	36,63
Resistência à compressão - 28 dias (MPa)	44,73
Propriedades químicas	
Composto	Resultado
Perda ao fogo (teor - % em massa)**	2,89
CaO (teor - % em massa)***	68,44
SiO ₂ (teor - % em massa)***	20,61
SO ₃ (teor - % em massa)***	6,82
Al ₂ O ₃ (teor - % em massa)***	3,53
Fe ₂ O ₃ (teor - % em massa)***	0,39
K ₂ O (teor - % em massa)***	0,14
P ₂ O ₅ (teor - % em massa)***	0,04
SrO (teor - % em massa)***	0,03
MgO (teor - % em massa)***	0

*Ensaio realizado no LAMTAC/UFRGS

Fonte: elaborado pelo autor.

6.1.1.2 Agregado miúdo

A caracterização física e a composição granulométrica foram obtidas através de ensaios realizados no LAMTAC e os resultados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização física do agregado miúdo

Caracterização do agregado miúdo				
Determinações	Ensaio	Resultados Obtidos		
Composição granulométrica	NBR NM 248	Abertura de Peneira	Porcentagem retida	
		ABNT (mm)	Individual	Acumulada
		4,8	-	-
		2,4	-	-
		1,2	-	-
		0,6	1	1
		0,3	83	84
		0,15	15	99
		<0,15	1	100
Dimensão máxima característica	NBR NM 248		0,6	
Módulo de finura	NBR NM 248		1,84	
Massa específica (kg/dm ³)	NBR 9776		2,63	

Fonte: TREVISI, 2016

6.1.1.3 Cal hidratada

A cal hidratada utilizada nas misturas de argamassa deste trabalho foi a mesma utilizada por Guerra (2018), e passou por identificação e quantificação de suas partículas através do ensaio de granulometria a laser nos diâmetros entre 0,04 μ m e 2500 μ m. O material passou em peneira de malha 300 μ m antes de ser encaminhado para o Laboratório de materiais cerâmicos (LACER/UFRGS), onde, sem adicionar dispersantes e tendo a água como solvente, foram aplicados diferentes tempos de ultrassom: 30, 60, 120 e 180 segundos. O equipamento utilizado foi o CILAS (modelo 1180 *Liquid*). Os resultados do ensaio se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 – Granulometria a laser da cal hidratada

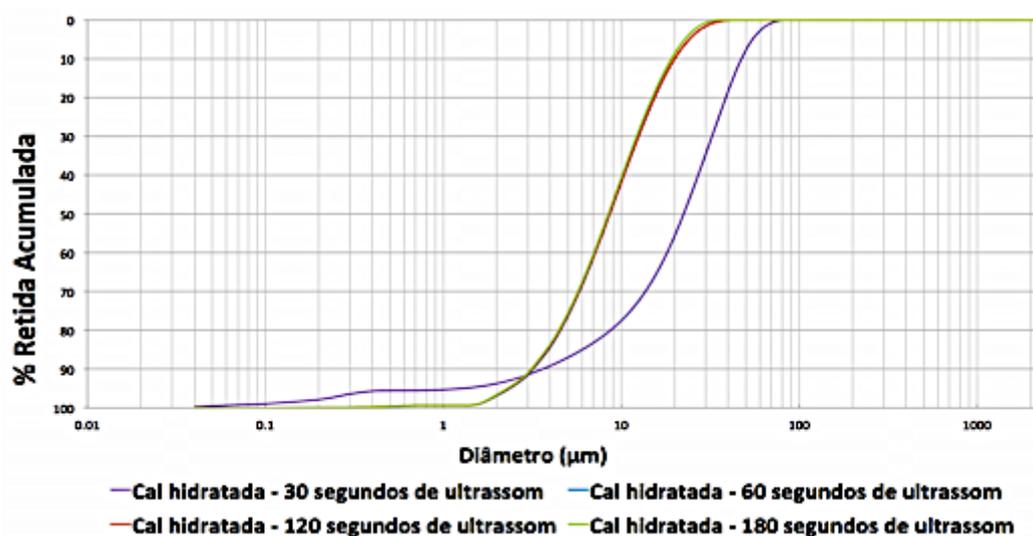
Diâmetro	Tempo de Ultrassom			
	30 Segundos	60 Segundos	120 Segundos	180 Segundos
Diâmetro 10%	3,58	4,75	4,66	3,01
Diâmetro 50%	22,41	24,65	23,50	18,69
Diâmetro 90%	47,51	44,36	41,06	38,19
Diâmetro Médio	24,45	24,99	23,54	19,99

Fonte: GUERRA, 2018.

Com esses resultados, foi possível traçar a curva granulométrica para os diferentes tempos de ultrassom, onde é possível notar a diferença nas curvas. Os tempos de ultrassom mais elevados correspondem com maior precisão quanto à

granulometria da cal hidratada (GUERRA, 2018). A figura 9 apresenta a curva granulométrica citada acima.

Figura 9 – Curva granulométrica da cal hidratada



Fonte: GUERRA, 2018.

Além da identificação das partículas, foi determinada a massa específica e a massa unitária da cal hidratada por meio de método de ensaio proposto na NBR 16605 (ABNT, 2017). Os valores encontrados foram de $2,306 \text{ g/cm}^3$ para a massa específica e de $0,522 \text{ g/cm}^3$ para a massa unitária.

6.1.1.4 Dióxido de Titânio (TiO_2)

A caracterização física do dióxido de titânio está representada na Tabela 5. Os ensaios de difração a laser e BET foram realizados pelo LACER/UFRGS com o equipamento CILAS (modelo 1180 *Liquid*), com faixa de análise entre 0,004 e 2500 μm . Não foram utilizados dispersantes.

Tabela 5 – Composição física do dióxido de titânio

Propriedades físicas do dióxido de titânio		
Ensaio	Método utilizado	Resultado
Massa específica	NBR 16605	3,81 g/cm
Superfície específica	BET	11,68 m/g
Diâmetro médio das partículas	Difração a laser	0,49 μm

Fonte: TREVISO, 2016.

Tomando os dados da Tabela 5 para comparação com trabalhos já realizados, o valor de massa específica apresentado por Já Hüsken *et al.* (2008) foi de 3,90 g/cm, e por Austria (2015) foi de 3,81 g/cm. Já em a relação à superfície específica pelo método BET, a mesma autora apresentou o valor de 9,44 m/g. Quanto ao diâmetro médio das partículas, Folli *et al.* (2012) apresentaram 0,17 μm , enquanto Poon e Cheung (2007) apresentaram 0,30 μm e Austria (2015), 0,21 μm .

Para a caracterização química, o ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) foi realizado pelo Instituto de Geociências (IGEO) da UFRGS. Na Tabela 6 apresentam-se os compostos químicos encontrados por meio de uma análise semi-quantitativa, utilizando uma rotina automática de varredura por WDS.

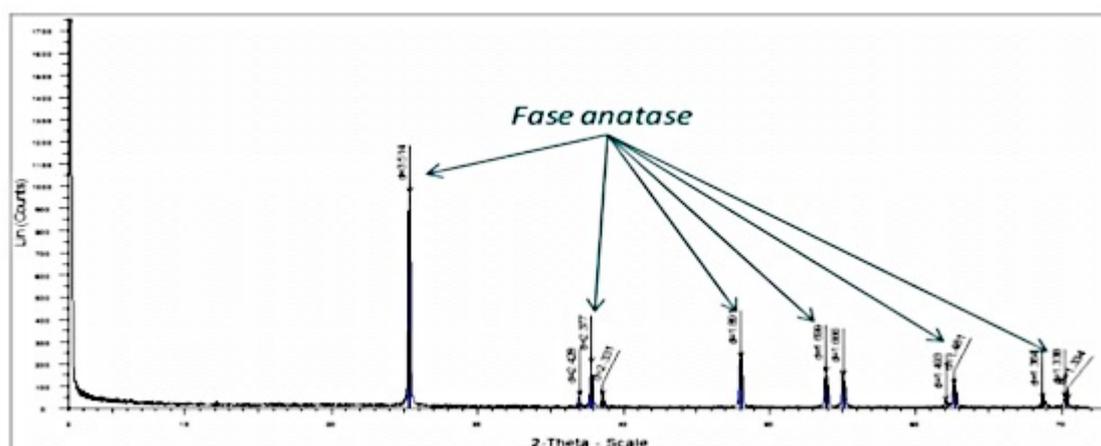
Tabela 6 – Composição química do dióxido de titânio

Propriedades físicas do dióxido de titânio		
Ensaio	Método utilizado	Resultado
Massa específica	NM 23:2001	3,81 g/cm
Superfície específica	BET	11,68 m/g
Diâmetro médio das partículas	Difração a laser	0,49 μm

Fonte: TREVISIO, 2016.

A caracterização mineralógica do dióxido de titânio foi realizada com a Difração de Raios-X (DRX) pelo IGEO/UFRGS no intervalo de 2° a 72°, em 2 θ , com tamanho de passo de 0,02° e tempo por passo de 1s. A figura 7 apresenta o ensaio, em que os picos indicam a fase anatase.

Figura 10 - Composição do dióxido de titânio por DRX



Fonte: TREVISIO, 2016.

6.1.2 Argamassa industrializada

A argamassa industrializada escolhida difere-se das comumente disponíveis no mercado por possuir cimento branco como um de seus componentes. Possui, segundo o fabricante, agregados minerais de rocha calcária e aditivos na sua composição.

De acordo com o fabricante, o teor de cimento Portland branco utilizado na mistura é de 15% em relação à massa total da mistura. Os teores dos demais componentes da argamassa, assim como as composições químicas, não foram disponibilizados por se tratar de um segredo industrial.

6.2 CONFECÇÃO DAS ARGAMASSAS

Inicialmente, foram moldadas oito placas com dimensões 25x35x3cm de argamassa de traço 1:3 (cimento e areia quartzosa seca em volume) para serem posteriormente utilizadas de substrato para as argamassas de revestimento. A argamassa utilizada na confecção dos substratos não foi caracterizada.

6.2.1 Moldagem das amostras

Foram produzidas quatro argamassas de acabamento: duas de traço 1:1,5:7,5 em massa (cimento, cal hidratada e areia seca), por se tratar de um traço comum para revestimentos na construção civil, e duas industrializadas com os materiais secos pré-misturados. Uma das argamassas de cada um dos dois grupos recebeu adição de 10% de dióxido de titânio em relação à massa de cimento.

Os materiais foram proporcionados em balança com precisão de 0,1g, e as misturas das argamassas foram realizadas em argamassadeira universal, de eixo vertical, que foi disponibilizada pelo LAMTAC/UFRGS.

Na confecção da argamassa industrializada sem adição de TiO_2 (denominada APS), adicionou-se a quantidade de água sugerida pelo fabricante para o determinado lote. Em seguida, foi produzida a argamassa industrializada com adição de 10% de TiO_2 sobre a massa de 15% de cimento (denominada APT), utilizando a mesma quantidade de água. A argamassa com traço 1:1,5:7,5 (denominada RS) foi produzida e, por fim, a argamassa com traço 1:1,5:7,5 com

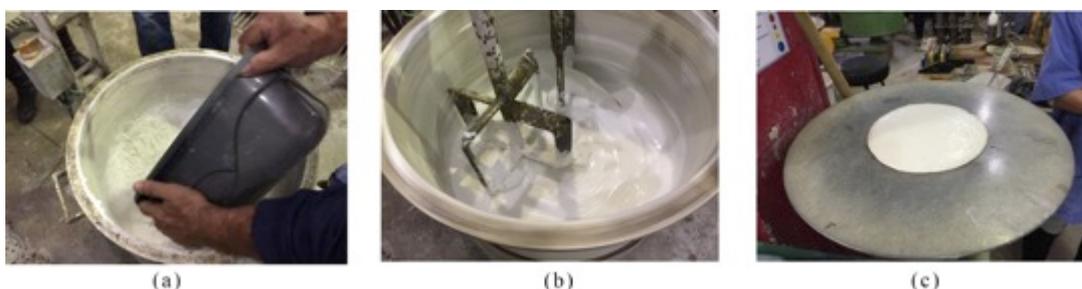
adição de 10% de TiO_2 sobre a massa de cimento (denominada RT). Nas duas argamassas que tiveram adição de TiO_2 , este foi incorporado à água de amassamento manualmente antes de adicioná-la na argamassadeira. No estado fresco, optou-se por utilizar índices de consistência em que as argamassas tivessem boa trabalhabilidade, que foram medidos com o uso da NBR 13276 (ABNT, 2016). Utilizando esse critério, foi necessário adicionar mais água na argamassa dosada em laboratório com adição de TiO_2 , ao contrário da argamassa industrializada. Na Tabela 8, estão apresentadas as quantidades utilizadas de cada material em cada uma das misturas, assim como a consistência obtida por meio do ensaio citado e, na Figura 11, o procedimento de preparação das argamassas desde a mistura até o ensaio de consistência.

Tabela 7 – Proporcionalamento dos materiais das argamassas

Argamassa	Traço unitário em massa			Quantidade (g)						Propriedades		
	Cimento	Cal Hidratada	Areia	Mistura Pronta	Cimento	Cal Hidratada	Areia	TiO_2	Água	Relação (a/c)	Relação a/ms (%)	Consistência (mm)
APS	-	-	-	5000,00	750	0,00	0,00	0	1750,0	2,33	35,00	230
APT	-	-	-	5000,00	750	0,00	0,00	75	1750,0	2,33	34,48	215
RS	1,00	1,5	7,5	-	500,00	750	3750	0	839,8	1,68	16,80	275
RT	1,00	1,5	7,5	-	500,00	750	3750	50	913,1	1,83	18,08	270

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11 – Preparo das argamassas: (a) mistura dos componentes na argamassadeira; (b) mistura dos materiais; (c) ensaio de índice de consistência



Fonte: arquivo pessoal do autor.

As argamassas foram aplicadas nos substratos anteriormente produzidos com o uso de desempenadeira de aço, com espessura de aproximadamente 0,5cm,

controlada por fôrmas de madeira, que envolviam o substrato de medidas 25cm x 35cm, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Aplicação das argamassas nos moldes previamente produzidos



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Além disso, como consta na Figura 13, foram moldados 6 corpos de prova prismáticos com dimensões 4cm x 4cm x 16cm para cada argamassa produzida e adensados em mesa vibratória, de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 13 – Corpos de prova prismáticos depois de moldados: (a) adensamento da argamassa utilizando mesa vibratória; (b) argamassa adensada e etiquetada



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Após a moldagem, as placas e os corpos de prova ficaram estocados durante 72 horas no laboratório antes de serem desformados, como é possível verificar na figura 14.

Figura 14 – Todos os corpos de prova moldados



Fonte: arquivo pessoal do autor.

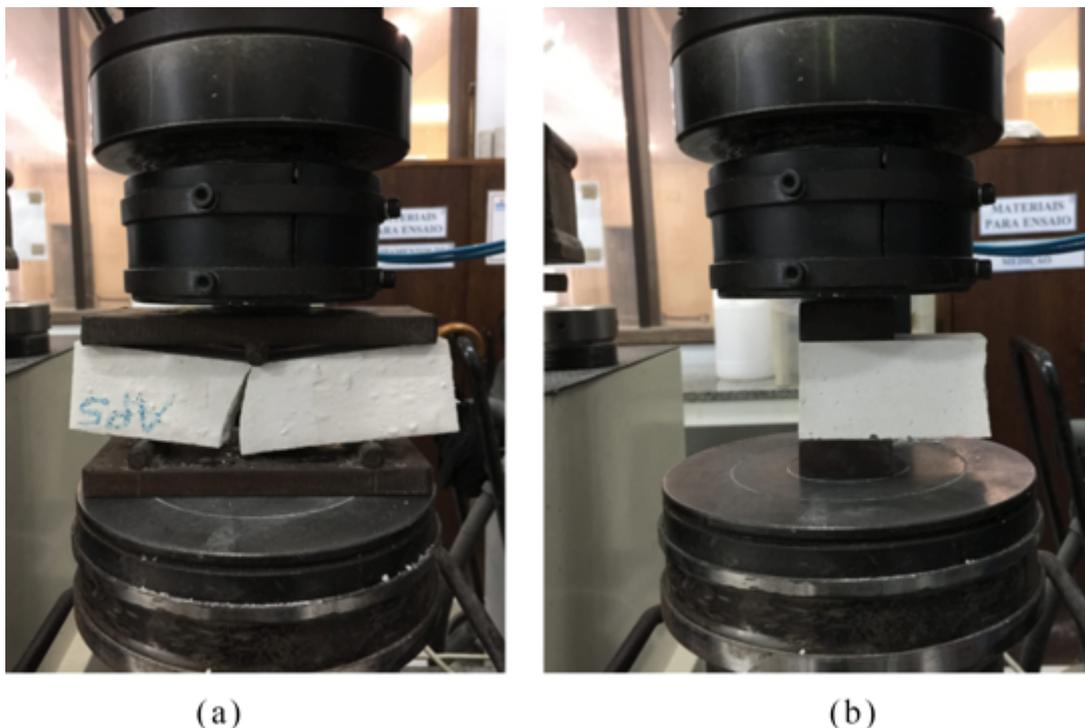
6.3 ENSAIOS REALIZADOS

A seguir, serão descritos os ensaios que foram realizados com as amostras.

6.3.1 Resistência à tração na flexão e à compressão

A avaliação da resistência à tração na flexão e à compressão foi baseada na NBR 13279 (ABNT, 2005). Foram moldados 3 corpos de prova prismáticos de dimensões 4 x 4 x 16cm para cada tipo de argamassa. Após a ruptura de cada corpo de prova rompido à flexão, restavam duas metades, que eram rompidas posteriormente à compressão na sequência, de forma que foi obtido o dobro de valores de rompimento à compressão. As rupturas foram realizadas aos quatorze dias pela necessidade de informar à obra de revitalização do edifício Guaspari o traço a ser utilizado no revestimento. Os ensaios de resistência à flexão na tração e de resistência a compressão estão representados na figura 15.

Figura 15 – Corpo de prova prismático na prensa sendo rompido: a) à tração na flexão; b) à compressão



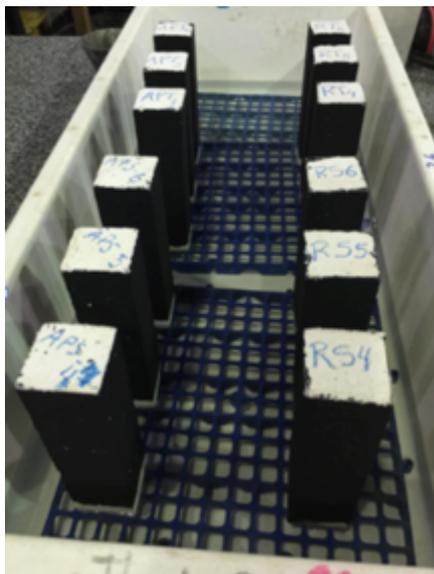
Fonte: arquivo pessoal do autor.

6.3.2 Absorção de água por capilaridade

O método para a determinação da absorção de água por capilaridade foi baseado na norma NBR 15259 (ABNT, 2005), assim como o coeficiente de capilaridade para argamassas de assentamento e revestimento no estado endurecido.

Foram moldados três corpos de prova prismáticos de dimensões 4 x 4 x 16cm para cada tipo de argamassa, mantidos à temperatura e umidade relativa do ar de (23 ± 2) °C e $(60\pm 5)\%$, respectivamente, durante 12 dias. Após, foi realizada pintura com emulsão asfáltica nas faces laterais das amostras a fim de evitar a evaporação lateral da água absorvida no ensaio e na sequência foram levados à estufa a 60 °C por mais dois dias. Esse procedimento é uma adaptação da referida norma com vistas a minimizar a variabilidade do ensaio. Aos 14 dias de idade, foram realizadas três pesagens dos corpos de prova: uma inicial, antes do contato com a água (lâmina de 5mm), outra a 10 minutos depois do contato, e uma última a 90 minutos após o contato. A figura 16 apresenta os corpos de prova em contato com a lâmina d'água.

Figura 16 – Corpos de prova em contato com a lâmina de água



Fonte: arquivo pessoal do autor.

A absorção de água por capilaridade pode ser calculada pela seguinte equação:

$$At = \frac{m_t + m_0}{16} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

At = absorção de água por capilaridade para um determinado tempo, expressa em gramas por centímetro quadrado;

m_t = massa do corpo de prova para um determinado tempo, expresso em gramas;

m_0 = massa inicial do corpo de prova, expresso em gramas;

O coeficiente de capilaridade para cada corpo de prova é encontrado pela diferença de massa das amostras aos 10 e aos 90 minutos de contato.

6.3.3 Módulo de Elasticidade Dinâmico

O ensaio foi realizado conforme a NBR 15630 (ABNT, 2008) utilizando os mesmos corpos de prova que foram anteriormente utilizados para a realização do ensaio de absorção de água por capilaridade. Depois de ficarem dois dias na estufa a

100° C, as amostras foram resfriadas até temperatura ambiente e, em seguida, foi realizado o teste com ultrassom. O aparelho utilizado foi o da marca Proceq com transdutores com 150 kHz de frequência e 2,8cm de diâmetro. Depois de aplicado gel nos receptores e pressioná-los nas extremidades de cada corpo de prova, foram realizadas três medidas do tipo transmissão direta, que retornou a velocidade de propagação de onda no aparelho. Para o cálculo do módulo de elasticidade dinâmico, foi utilizada a Equação 8 abaixo:

$$Ed = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot [(1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu)]}{(1 - \mu)} \quad \text{(Equação 8)}$$

Ed = módulo de elasticidade dinâmico, expresso em Mpa.

v = velocidade de propagação da onda ultrassônica, expressa em mm/ μ^2 .

ρ = densidade de massa aparente do corpo de prova, expresso em kg/m³.

μ = coeficiente Poisson, adotado como 0,2.

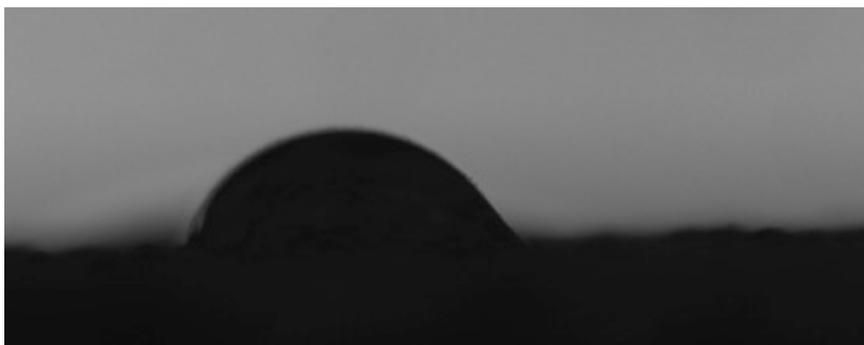
6.3.4 Resistência de aderência à tração

A NBR 13528 (ABNT, 2010) determina que sejam realizados ensaios em 12 corpos de prova de seção circular e diâmetro de 5cm. Após corte e obtenção dos corpos de prova, aderiu-se com um adesivo bicomponente a base de resina epóxi as pastilhas na superfície de revestimento da argamassa, as quais são arrancadas com o uso de equipamento específico de tração. Foi utilizado um aderímetro digital com velocidade de carga constante, que retorna valores registrados em kgf a partir do esforço aplicado de forma perpendicular ao revestimento. Foi previsto um espaçamento mínimo entre as seções analisadas e também entre as bordas da placa, de modo que para a realização deste ensaio foram necessárias duas placas de cada argamassa que foram anteriormente expostas no microclima urbano de Porto Alegre. O ensaio de arrancamento foi realizado 510 dias depois da moldagem das amostras.

6.3.5 Ângulo de Contato e Tensão superficial

Para medir o ângulo de contato de cada uma das placas de argamassa, foi utilizado o equipamento OCA 15, onde uma pipeta com líquido deposita uma gota de 5 μ l de água na amostra. O equipamento possui uma câmera acoplada com alto fator de magnificação, de forma que é possível analisar o comportamento da gota logo que ela é depositada sobre a superfície. Para esta análise, uma sequência de 30 fotos foi realizada em um intervalo de 6 segundos, contando a partir do momento em que a gota foi liberada da pipeta, em um total de três gotas por tipo de argamassa em diferentes locais da placa. Depois de escolher a foto que representa a gota estabilizada, o ângulo é medido entre a superfície da placa e a reta que tangencia o contorno da gota utilizando o software *Autocad*. Na figura 17, está ilustrada a a gota depositada sobre a superfície de uma das placas avaliadas.

Figura 17 – Formato da gota depositada sobre a superfície



Fonte: arquivo pessoal do autor.

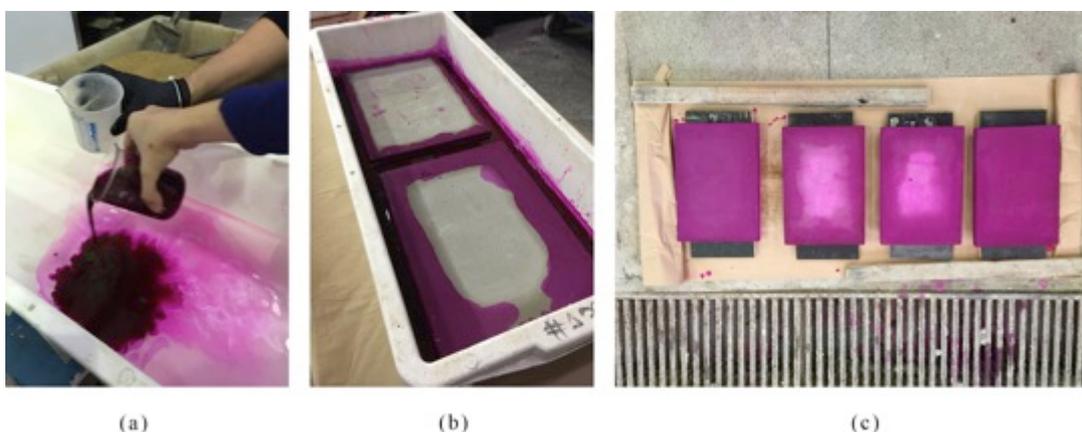
6.3.6 Análise Colorimétrica

6.3.6.1 *Manchamento*

Uma das placas de cada argamassa foi manchada com Rodamina B, que, de acordo com Folli *et al.* (2012), é um composto orgânico de coloração vermelha, comumente utilizado como corante na indústria. Além disso, a Rodamina B é utilizada para testes de autolimpeza em superfícies cimentícias, como foi observado nos trabalhos de Krishnan *et al.* (2013), Folli *et al.* (2010), PICADA PROJECT (2006), Austria (2015) e Treviso (2016).

Para a execução do manchamento nas placas, foi preparada solução aquosa de concentração 2g/L de Rodamina B, onde as placas ficaram submersas durante 48 horas, apoiadas sobre dois suportes de madeira a fim de garantir que houvesse contato entre a face inferior da placa e o composto orgânico. Após o período de manchamento, as amostras foram retiradas da bacia e colocadas sobre outro apoio de madeira durante 72 horas para secagem natural, de onde seguiram para a exposição no ambiente urbano. O processo de manchamento está apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Manchamento das amostras: (a) Preparo da solução de Rodamina B; (b) Imersão das placas; (c) Secagem



Fonte: arquivo pessoal do autor.

6.3.6.2 Exposição

Para a exposição das oito placas moldadas, foi construído um suporte de madeira de modo que as amostras ficassem fixas na vertical, formando um ângulo de 90° com a horizontal, o qual remete a aplicações práticas de revestimentos de fachada. Para garantir a posição e a segurança das amostras, também foi amarrada uma corda entre cada placa e um bloco de concreto. A figura 19 apresenta os suportes de madeira utilizados.

Figura 19 – Suportes de madeira para a exposição das amostras de argamassa



Fonte: arquivo pessoal do autor.

O local escolhido para a exposição foi a sacada da fachada com orientação noroeste do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no centro de Porto Alegre. O clima local é subtropical e tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude: $-30^{\circ}.01'59''$ e longitude: $-51^{\circ}13'48$. Na figura 20, é possível visualizar as amostras de argamassa durante o período de exposição.

Figura 20 – Amostras de argamassas fixas na no suporte de madeira



Fonte: arquivo pessoal do autor.

O período de exposição durou 172 dias e contemplou as estações de inverno e primavera na cidade de Porto Alegre, no Hemisfério Sul.

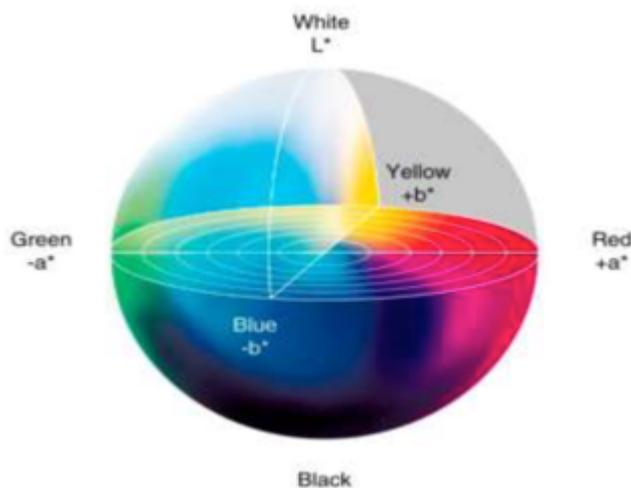
6.3.6.3 Avaliação

Para verificar a variação de cor nas amostras ao longo do tempo de exposição, foi realizado acompanhamento fotográfico e medição da coloração por meio de espectrofotômetro portátil (modelo Konica Minolta CM 2500d), em que se obtém coordenadas cromáticas da cor medida conforme o espaço de cor definido pela Comissão Internacional da Iluminação (CIE), conhecido como sistema CIELab. Dados do equipamento: *Specular Component Included* (SCI), fecho de luz emitido através de abertura fixa de 8mm, sistema de iluminação difusa, com dois flashes de xenônio e comprimento de onda de 10nm. Os dois tipos de monitoramentos citados acima são indicados por Diamanti *et al.* (2013) haja visto que as amostras foram expostas ao ambiente natural urbano. No sistema CIELab, existem três valores que determinam as cores, de acordo com Passuelo (2003):

- a) L^* : refletância, que varia de 0 a 100 (preto ao branco);
- b) a^* e b^* : coordenadas que representam a intensidade da cor em um plano bidimensional, sendo a^* de verde (-a) a vermelho (+a) e b^* de azul (-b) a amarelo (+b).

De acordo com Krishnan *et al.* (2013), o sistema pode ser representado como uma esfera sólida que expressa o espaço de cor tridimensional, como exposto na figura 21.

Figura 21 – Espaço de cor CIELab



Fonte: KRISHNAN *et al.*, 2013.

Diamanti *et al.* (2008) afirma que é possível medir a variação de cor no tempo ΔE como a distância entre pontos que correspondem, respectivamente, à cor no tempo t e à cor no tempo inicial $t=0$, e pode ser expressa por meio da equação 7:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

ΔE = variação da cor no tempo

$\Delta L^* = L_t^* - L_0^*$

$\Delta a^* = a_t^* - a_0^*$

$\Delta b^* = b_t^* - b_0^*$

As 13 leituras feitas em cada placa por espectrofotômetro foram planejadas para as seguintes idades, a partir do primeiro dia de exposição: 00, 02, 07, 10, 11, 14, 17, 24, 46, e 172 dias. As coordenadas cromáticas foram compiladas e armazenadas pelo *software* Cyberchrome OnColor. Na Figura 22 é possível ver o molde utilizado para a realização das leituras com o espectrofotômetro, garantindo que a área avaliada fosse sempre a mesma.

Figura 22 – Gabarito utilizado para as leituras nas amostras. Os pontos em marcados em vermelho foram os utilizados para a realização das leituras.



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Para a realização das leituras no edifício Guaspari, foi utilizado o mesmo gabarito, porém apenas quatro pontos foram utilizados devido à dificuldade física

de acomodar o gabarito e o espectrofotômetro na fachada de forma segura. Os pontos escolhidos para a realização das medidas foram os mais próximos das janelas do segundo e do sexto pavimento.

7 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados que dizem respeito à caracterização e classificação das argamassas, assim como a análise do registro fotográfico e a análise estatística dos dados colorimétricos, a fim de ter uma maior confiabilidade dos resultados, utilizando o *software Statistica versão 10*. Para cada ensaio, realizou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar a significância estatística de cada uma das variáveis nos parâmetros e suas iterações. Os resultados obtidos estão apresentados em tabelas e gráficos para facilitar a visualização.

7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Na Tabela 8 são apresentados os resultados de resistência média à tração na flexão das argamassas.

Tabela 8 – Resistência média à tração na flexão das argamassas

Tipo de argamassa	Teor de TiO ₂ (%)	Sigla	Resistência aos 14 dias (MPa)	Resistência aos 14 dias m (MPa)	Desvio (MPa)
Argamassa industrializada	0	APS	0,984	0,941	0,111
			0,816		
			1,024		
	10	APT	0,970	0,980	0,033
			0,954		
			1,017		
Argamassa dosada em laboratório	0	RS	1,078	1,052	0,087
			1,123		
			0,954		
	10	RT	0,816	0,846	0,043
			0,877		
			2,355*		

Fonte: elaborado pelo autor.

*O terceiro corpo de prova da argamassa RT foi desconsiderado na média devido à discrepância em relação aos outros dois analisados.

A fim de auxiliar a análise dos resultados, realizou-se uma análise de variância das resistências à tração na flexão das argamassas, como consta na tabela 9.

Tabela 9 – Análise de variância das resistências à tração na flexão

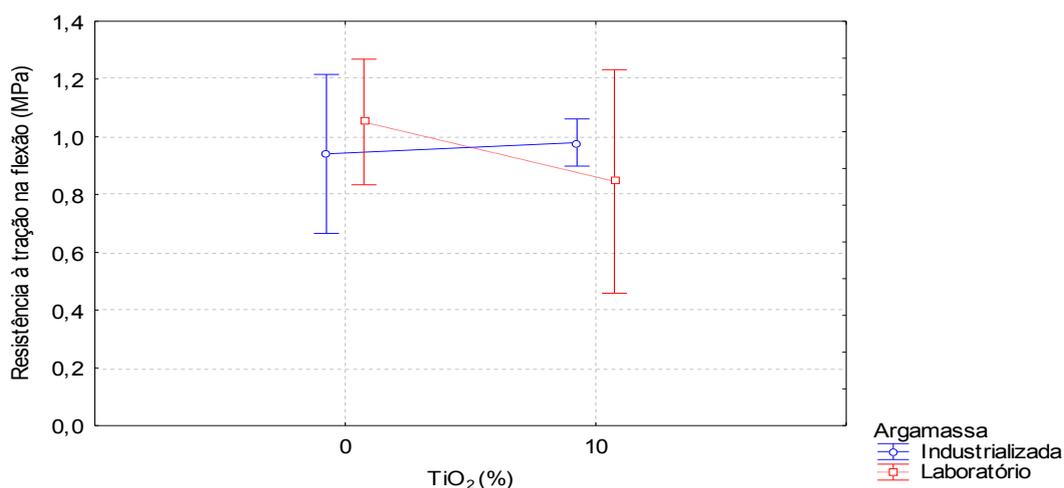
Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	0,000391	1	0,000391	0,062	0,80985	NS
TiO ₂	0,018461	1	0,018461	2,948	0,129689	NS
Argamassa*TiO ₂	0,039864	1	0,039864	6,366	0,039634	S
Erro	0,043835	7	0,006262		-	

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

É possível verificar que a média das resistências à tração na flexão não apresentam resultados estatisticamente diferentes entre si para os diferentes tipos de argamassa e para a adição de TiO₂. Por outro lado, há significância estatística na interação entre os diferentes tipos de argamassa com a adição de TiO₂. A figura 23 apresenta o efeito da interação entre as argamassas e a resistência à tração na flexão.

Figura 23 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO₂ em relação à resistência à tração na flexão



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Distribuição de Fischer para os resultados de resistência à tração na flexão

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	NS	NS
	T	NS		NS	NS
R	S	NS	NS		S
	T	NS	NS	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Realizando a análise múltipla de médias através da distribuição de Fischer a fim de verificar quais teores são realmente significativos, observa-se que nem todos os efeitos são estatisticamente iguais entre si. As argamassas RS e RT se mostram diferentes para a resistência tração na flexão. Na argamassa dosada em laboratório em que a adição de dióxido de titânio foi utilizada, houve sensível diminuição da resistência à tração na flexão, o que se deve ao fato da maior quantidade de água em relação aos materiais secos nas argamassas R.

A resistência à compressão das amostras está apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Resistência média à compressão das argamassas

Tipo de argamassa	Teor de TiO ₂ (%)	Sigla	Resistencia aos 14 dias (MPa)	Resistencia aos 14 dias m (MPa)	Desvio (MPa)
Argamassa industrializada	0	APS	2,46	4,83	0,14
			2,50		
			2,57		
			2,19		
			2,29		
			2,47		
	10	APT	2,21	4,71	0,24
			1,95		
			2,37		
			2,48		
			2,61		
Argamassa dosada em laboratório	0	RS	3,79	7,14	0,26
			3,51		
			3,51		
			3,85		
			3,62		
			3,13		
	10	RT	3,21	6,08	0,17
			2,98		
			3,01		
			3,27		
			2,89		
			2,87		
			2,87		

Fonte: elaborado pelo autor.

Para auxiliar a interpretação dos resultados, foi realizada uma análise de variância para os dados na tabela 12.

Tabela 12 – Análise de variância das resistências à compressão no estado endurecido das amostras de argamassa

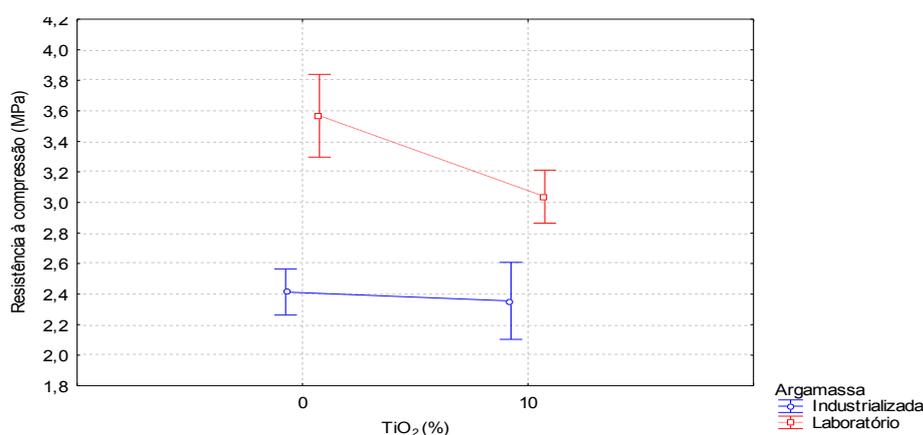
Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	5,0635	1	5,0635	117,353	0	S
TiO ₂	0,5185	1	0,5185	12,016	0,002437	S
Argamassa*TiO ₂	0,3331	1	0,3331	7,72	0,011593	S
Erro	0,8629	20	0,8629		-	

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a análise de variância apresentada, verifica-se que as diferentes argamassas e os teores de adição de TiO_2 influenciam de forma significativa nos resultados de resistência à compressão, assim como a interação entre esses dois fatores, que está representada na Figura 24.

Figura 24 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO_2 em relação à resistência à compressão axial



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 13 – Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência à compressão

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	S	S
	T	NS		S	S
R	S	S	S		S
	T	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da figura 24 e da tabela 13, nota-se que quase todos os efeitos são diferentes estatisticamente, exceto as argamassas AP com e sem adição de TiO_2 . O resultado vai de encontro com parte dos resultados encontrados por Austria (2015), onde diferentes teores de TiO_2 em um traço rico em cimento aumentam a resistência à compressão, porém quando a adição é utilizada em um traço mais pobre em cimento, a resistência à compressão se mantém igual. Não obstante, Azevedo *et al.* (2012) observam que diferentes adições de TiO_2 (0%, 2%, 4%, e 6%), mantendo a

mesma consistência, diminuíram a resistência à compressão devido à necessidade de adicionar água à mistura e, portanto, o efeito filler exercido pelo TiO_2 nas argamassas não era suficiente para manter a mesma resistência. O mesmo resultado foi encontrado comparando as argamassas RS e RT, onde a água adicionada diminuiu a resistência à compressão e à tração na argamassa RT. Entre as argamassas APS e APT, em que a quantidade de água adicionada foi a mesma, os valores de resistência à compressão são considerados estatisticamente iguais.

Os resultados referentes ao ensaio de absorção de água por capilaridade se encontram na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

Ensaio de absorção de água por capilaridade					
Corpo de prova	C10 (g/cm ²)	Desvio C10 (g/cm ²)	C90 (g/cm ²)	Desvio C90 (g/cm ²)	Coef. Capil (g/dm ² .min ^{1/2})
APS	0,28	0,004	0,91	0,01	30,32
APT	0,25	0,007	0,83	0,02	27,77
RS	0,43	0,010	1,88	0,01	42,37
RT	0,52	0,006	2,10	0,02	48,55

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; N/S = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para complementar os resultados, foi realizada a análise de variância tanto para a absorção de água por capilaridade quanto para o coeficiente de absorção por capilaridade (tabela 15).

Tabela 15 - Análise de variância da absorção de água por capilaridade

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	0,73398	1	0,73398	104,982	0	S
TiO ₂	0,20065	1	0,02065	2,954	0,104967	NS
Tempo	7,78408	1	7,78408	1113,376	0	S
Argamassa*TiO ₂	0,0184	1	0,0184	2,632	0,12424	NS
Argamassa*Tempo	0,43674	1	0,43674	62,468	0,000001	S
TiO ₂ *Tempo	0,00696	1	0,00696	0,995	0,333256	NS
Argamassa*TiO ₂ *Tempo	0,03332	1	0,03332	4,765	0,044282	S
Erro	0,11186	16	0,00699			

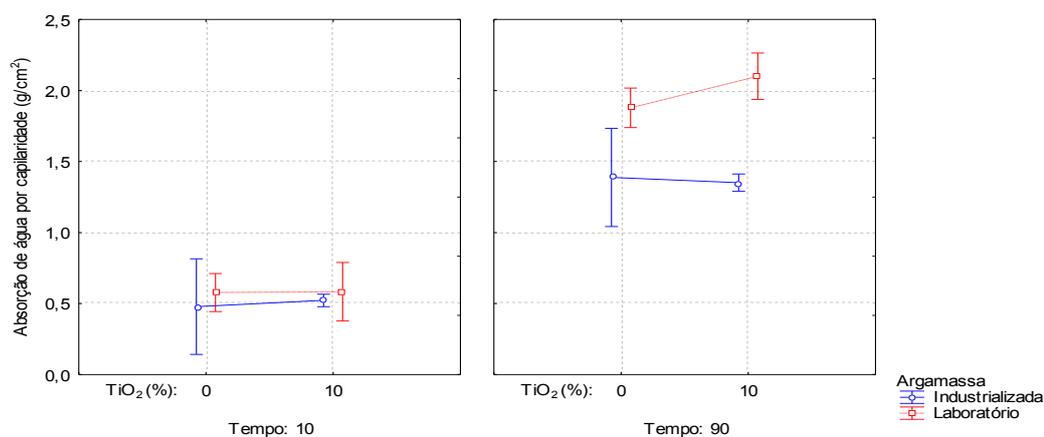
SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar que a absorção de água por capilaridade apresenta valores estatisticamente diferentes entre si para o tipo de argamassa, para o tempo, para a interação entre os dois fatores previamente citados e também para a interação entre o tipo de argamassa, a adição de TiO₂ e o tempo. Porém, não há significância estatística para a adição de TiO₂ e para as interações entre o tipo de argamassa e a adição de TiO₂ e para a adição de TiO₂ e o tempo.

Apesar das argamassas do tipo R apresentarem maior valor de resistência à compressão em relação às argamassas do tipo AP, a absorção de água foi maior, provavelmente devido à conexão dos poros das argamassas, já que há uma grande quantidade de finos na argamassa industrializada, o que a faz ser menos porosa e, portanto, apresentar resultados de absorção de água mais baixos. Em relação à presença de TiO₂, a absorção foi menor na argamassa industrializada com adição devido ao preenchimento de vazios, e maior na dosada em laboratório, que se deve à presença de maior quantidade de água na mistura. O coeficiente de capilaridade apresenta o mesmo comportamento da absorção.

Figura 25 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO_2 em relação à absorção de água por capilaridade



Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, a tabela 16 apresenta a análise de variância para o coeficiente de absorção das argamassas.

Tabela 16 - Análise de variância do coeficiente de absorção das argamassas estudadas

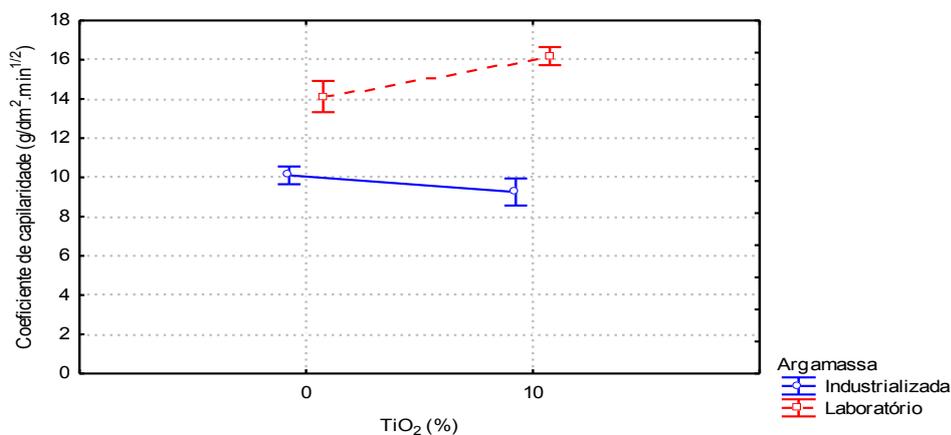
Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	89,817	1	89,817	1450,81	0	S
TiO ₂	1,098	1	1,098	17,74	0,00295	S
Argamassa*TiO ₂	6,351	1	6,351	102,59	0,000008	S
Erro	0,495	8	0,062		-	

SQ = soma quadrática; GDL = grau de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da análise de variância, é possível concluir que o tipo de argamassa, a adição de TiO_2 e a interação entre esses dois fatores têm significância estatística nos valores de coeficiente de absorção por capilaridade.

Figura 26 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO_2 em relação ao coeficiente de absorção por capilaridade



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 17 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de coeficiente de absorção por capilaridade

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	S	S
	T	NS		S	S
R	S	S	S		S
	T	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

O coeficiente de absorção por capilaridade segue a mesma tendência da absorção por capilaridade. Na distribuição de Fischer é possível concluir que todos diferem estatisticamente quanto ao coeficiente, exceto as argamassas APS e APT.

Na tabela 18 estão dispostos os valores de densidade de massa aparente calculados para as argamassas.

Tabela 18 - Densidade de massa aparente nas amostras de argamassa aos 14 dias

Densidade de Massa Aparente			
Tipo de Argamassa	Densidade de Massa Aparente ρ (g/cm ³)	Densidade de Massa Aparente média ρ (g/cm ³)	Desvio Padrão (g/cm ³)
APS4	1.359	1.356	0.006
APS5	1.349		
APS6	1.359		
APT4	1.332	1.340	0.018
APT5	1.328		
APT6	1.361		
RS4	1.804	1.812	0.012
RS5	1.805		
RS6	1.826		
RT4	1.816	1.807	0.008
RT5	1.802		
RT6	1.803		

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância para a densidade de massa aparente está disposta na tabela 19.

Tabela 19 - Análise de variância das densidades de massa aparente no estado endurecido das amostras de argamassa

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	0,63882	1	0,63882	4517,9	0	S
TiO ₂	0,00029	1	0,00029	2	0,190211	NS
Argamassa*TiO ₂	0,00009	1	0,00009	0,6	0,456046	NS
Erro	0,00113	8	0,00014		-	

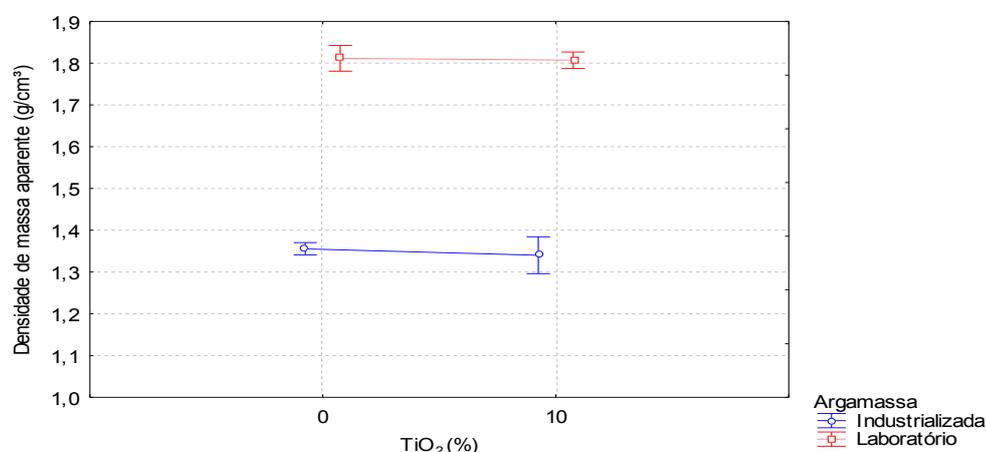
SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a análise de variância, observa-se que a adição de TiO₂ não influencia significativamente nos resultados de densidade de massa aparente, ao contrário do tipo de argamassa. Já a interação entre os dois resultados não implica

significativamente nos resultados, como pode ser observado na figura 27.

Figura 27 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO₂ em relação à densidade de massa aparente



Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 20, está disposto o comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de densidade de massa aparente.

Tabela 20 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de densidade de massa aparente

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	S	S
	T	NS		S	S
R	S	S	S		NS
	T	S	S	NS	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que APS e APT são estatisticamente iguais quanto à densidade de massa aparente, da mesma forma que as argamassas RS e RT. Já com relação às argamassas do tipo R e do tipo AP, é visível pelo gráfico e confirmado pela distribuição de Fischer que são estatisticamente diferentes. A argamassa industrializada possui menor densidade aparente muito provavelmente devido ao agregado miúdo presente na sua mistura.

Os resultados do módulo de elasticidade dinâmico estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Módulo de elasticidade dinâmico aos 14 dias

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade dinâmico (Gpa)	Desvio Padrão (Gpa)
APS1	3,58	0,11
APT1	3,43	0,08
RS1	9,10	0,43
RT1	8,05	0,42

Fonte: elaborado pelo autor.

A fim de auxiliar os resultados do módulo de elasticidade dinâmico, foi realizada uma análise de variância, a qual está disposta na tabela 22.

Tabela 22 - Análise de variância do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas

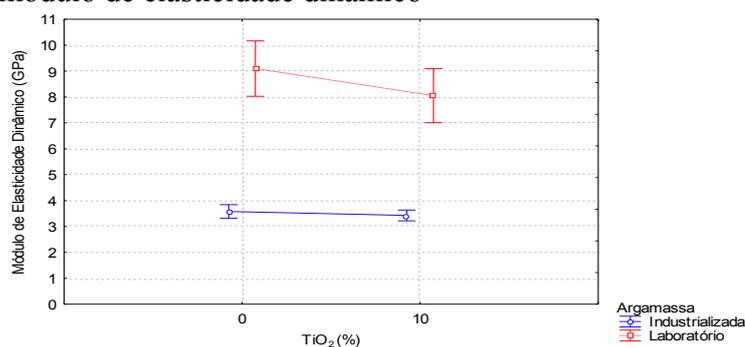
Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	77,1954	1	77,1954	812,083	0	S
TiO ₂	1,0755	1	1,0755	11,315	0,009877	S
Argamassa*TiO ₂	0,5989	1	0,5989	6,3	0,036372	S
Erro		8	0,0951		-	

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Através de análise de variância, pode-se verificar que todos os fatores (tipo de argamassa e adição de TiO₂) e a interação entre eles exercem influência significativa nos valores de módulo de elasticidade dinâmico. Na Figura 28, é possível visualizar o efeito da interação entre os fatores.

Figura 28 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO_2 em relação ao módulo de elasticidade dinâmico



Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 23, pode-se observar o comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de módulo de elasticidade dinâmico.

Tabela 23 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de módulo de elasticidade dinâmico

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	S	S
	T	NS		S	S
R	S	S	S		S
	T	S	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

As amostras de argamassa industrializada apresentaram valores menores de módulo de elasticidade dinâmico, o que, de acordo com Austria (2015), significa que esse tipo de argamassa possui a capacidade de absorver melhor deformações, o que diminui a fissuração. A mesma autora observa que a adição de TiO_2 influencia no módulo de elasticidade dinâmico: quanto maior o teor da adição, menor é o módulo, o que também pode ser verificado nos resultados quando comparando as argamassas APS1 e APT1, mesmo que de forma sutil. O mesmo foi observado por Treviso (2016), que comparou quatro argamassas com diferentes teores da adição em questão e encontrou o mesmo comportamento. Para fazer a mesma análise em relação às argamassas RS1 e RT1, é preciso ressaltar que há uma maior relação de água para materiais secos na segunda, o que também exerce influência nos valores encontrados. Os resultados de módulo de elasticidade dinâmico apresentados estão

coerentes com o comportamento das argamassas quanto à resistência à compressão.

De acordo com a distribuição de Fischer, os resultados encontrados por Treviso (2016) e Austria (2015) se confirmam para a argamassa do tipo R, já que os as argamassas RS e RT são estatisticamente diferentes quanto ao módulo de elasticidade dinâmico. Porém, as argamassas APT e APS são estatisticamente iguais.

7.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas deste estudo foram classificadas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005) e também segundo a classificação francesa MERUC. Na tabela 24, está disposta a classificação das argamassas segundo a norma brasileira.

Tabela 24 - Classificação das argamassas avaliadas pela classificação da NBR 13281 (ABNT, 2005).

Classificação das argamassas - NBR 13.281 (ABNT, 2005)			
Tipo de Argamassa	Resistência à tração	Resistência à compressão	Coefficiente de capilaridade
APS	R1	P4	C6
APT	R1	P4	C6
RS	R1 ou R2	P5	C6
RT	R1 ou R2	P4	C6

Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 25, está disposta a classificação das argamassas segundo a norma francesa.

Tabela 25 - Classificação das argamassas avaliadas pela classificação MERUC (CSTB, 1993)

Classificação das argamassas – MERUC (CSTB, 1993)				
Tipo de Argamassa	Módulo de Deformação	Resistência à tração	Densidade de massa aparente	Coefficiente de capilaridade
APS	E1	R1	M2 ou M3	C6
APT	E1	R1	M2 ou M3	C6
RS	E3	R1 ou R2	M5 ou M6	C6
RT	E3	R1	M5 ou M6	C6

Fonte: elaborado pelo autor.

7.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

A tabela 26 apresenta os resultados do ensaio de resistência de aderência à tração.

Tabela 26 - Ensaio de resistência de aderência à tração

Ensaio de resistência de aderência à tração								
Argamassa/Placa/Manchamento	Corpo de Prova	Tensão de ruptura (MPa)	Forma de ruptura					
			Substrato (%)	Substrato/Argamassa (%)	Argamassa (%)	Argamassa/Cola (%)	Cola (%)	Cola/Pastilha (%)
APS-1-Rodamina	1	1,08	50,00	50,00	-	-	-	-
	2	0,88	40,00	20,00	20,00	20,00	-	-
	3	1,08	-	-	100,00	-	-	-
	4	0,56	30,00	20,00	50,00	-	-	-
	5	0,95	-	-	100,00	-	-	-
	6	0,67	10,00	-	90,00	-	-	-
APS-2-Limpa	1	0,62	-	-	100,00	-	-	-
	2	0,66	-	-	90,00	10,00	-	-
	3	0,85	-	-	100,00	-	-	-
	4	0,41	-	-	90,00	10,00	-	-
	5	1,02	-	-	100,00	-	-	-
	6	1,03	-	-	100,00	-	-	-
APT-1-Rodamina	1	0,66	-	-	100,00	-	-	-
	2	0,82	-	-	100,00	-	-	-
	3	0,50	-	-	100,00	-	-	-
	4	0,64	-	-	100,00	-	-	-
	5	0,39	-	-	100,00	-	-	-
	6	0,37	-	-	100,00	-	-	-
APT-2-Limpa	1	0,45	-	30,00	70,00	-	-	-
	2	0,27	-	-	70,00	30,00	-	-
	3	0,74	-	70,00	30,00	-	-	-
	4	0,77	10,00	25,00	65,00	-	-	-
	5	0,76	60,00	20,00	20,00	-	-	-
	6	0,96	-	30,00	70,00	-	-	-
RS-1-Rodamina	1	0,62	-	-	100,00	-	-	-
	2	0,74	-	-	100,00	-	-	-
	3	0,58	20,00	20,00	60,00	-	-	-
	4	0,79	20,00	20,00	60,00	-	-	-
	5	0,54	10,00	20,00	70,00	-	-	-
	6	0,34	10,00	-	90,00	-	-	-
RS-2-Limpa	1	0,28	80,00	10,00	10,00	-	-	-
	2	0,28	30,00	20,00	50,00	-	-	-
	3	0,35	30,00	20,00	50,00	-	-	-
	4	0,47	40,00	30,00	40,00	-	-	-
	5	0,62	50,00	20,00	30,00	-	-	-
	6	0,95	70,00	10,00	20,00	-	-	-
RT-1-Limpa	1	1,25	5,00	-	100,00	-	-	-
	2	1,27	5,00	-	100,00	-	-	-
	3	1,12	10,00	40,00	50,00	-	-	-
	4	1,01	25,00	-	75,00	-	-	-
	5	0,00	30,00	-	70,00	-	-	-
	6	0,95	60,00	10,00	30,00	-	-	-
RT-2-Rodamina	1	0,68	-	-	100,00	-	-	-
	2	0,97	-	-	100,00	-	-	-
	3	1,15	-	-	100,00	-	-	-
	4	0,91	-	-	100,00	-	-	-
	5	0,77	20,00	-	80,00	-	-	-
	6	0,49	-	-	90,00	-	-	10,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Apenas dois valores de resistência à aderência à tração ficaram abaixo do limite da norma NBR 13749 (ABNT, 2013), que especifica que revestimentos externos (para emboço ou camada única) devem ter os resultados iguais ou maiores do que 0,30 MPa: dois na placa RS2 e um na placa APT2. É também possível notar que, na argamassa dosada em laboratório, o rompimento no substrato e entre argamassa e substrato é mais comum do que na argamassa industrializada, onde a maior parte das rupturas aconteceu na argamassa.

Tabela 27 - Análise de variância das resistências de aderência à tração das argamassas

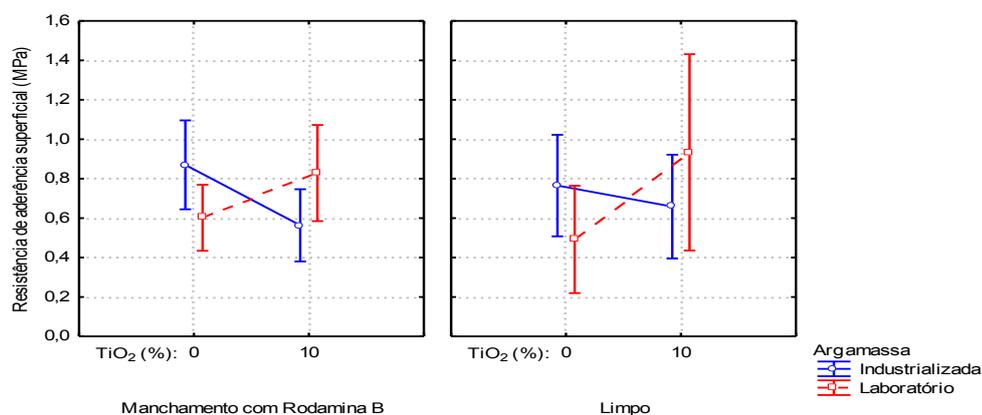
Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Argamassa	0	1	0	0	0,995606	NS
TiO ₂	0,04877	1	0,04877	0,7181	0,40136	NS
Argamassa*TiO ₂	0,8775	1	0,8775	12,9205	0,000817	S
Erro	2,98828	44	0,06792		-	

SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; NS = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com os resultados da análise de variância, verifica-se que o tipo de argamassa e a adição de TiO₂ não exercem influência significativa nos resultados de resistência de aderência à tração. Porém, a interação entre esses fatores implica influência significativa na mesma característica. O efeito da interação pode ser visualizado na figura 29.

Figura 29 - Efeito da interação entre as argamassas e a adição de TiO_2 em relação à resistência de aderência à tração



Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 28, é possível visualizar o comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência de aderência à tração.

Tabela 28 - Comparativo de médias por distribuição de Fischer para os resultados de resistência de aderência à tração

Efeito		AP		R	
		S	T	S	T
AP	S		NS	S	NS
	T	NS		NS	S
R	S	S	NS		S
	T	NS	S	S	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Não há diferença estatística entre as argamassas APS e APT, APT e RS e APS e RT quanto à resistência de aderência à tração. Por outro lado, as argamassas RS e APS, RT e APT e RT e RS são diferentes entre si.

7.4 ÂNGULO DE CONTATO E TENSÃO SUPERFICIAL

Foram tomadas medidas dos ângulos formados entre a tangente e a horizontal de três gotas por placa de argamassa. Os valores encontrados estão dispostos na tabela 29.

Tabela 29 - Média dos ângulos de contato encontrados para cada argamassa

Argamassa	Ângulo de Contato médio	Desvio
APS 1	25,33°	1,53
APS 2	32,33°	10,60
APT 1	34,67°	11,06
APT 2	33,67°	8,50
RS 1	29,67°	11,85
RS 2	51,33°	4,51
RT 1	32,00°	12,77
RT 2	17,33°	1,53

Fonte: elaborado pelo autor.

Diferente do esperado, os resultados apresentados não confirmam a característica hidrofílica das argamassas com adição de TiO_2 . A variação dos resultados pode ser explicada pela porosidade e falta de planicidade no acabamento das superfícies, que influencia nas características das gotas analisadas. Além disso, o TiO_2 não foi ativado antes da realização do ensaio.

A fim de facilitar a visualização e comparação dos dados, a tabela 30 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 30 - Resultados encontrados referentes à caracterização das argamassas

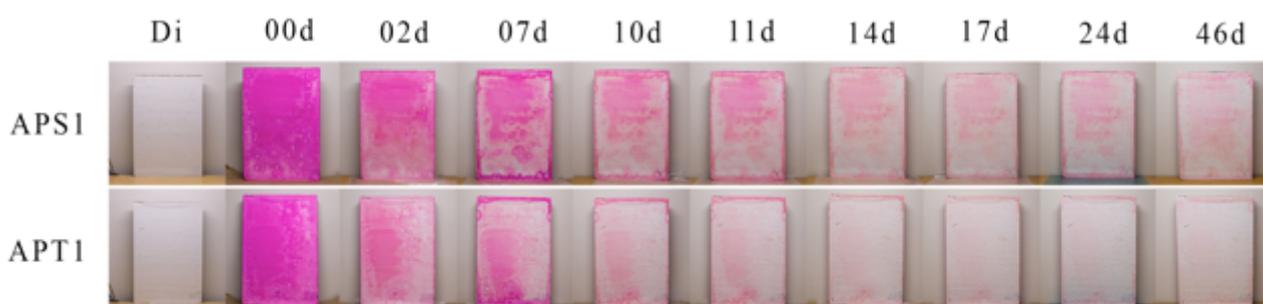
Propriedades	Argamassa			
	Argamassa Industrializada (AP)		Argamassa dosada em Laboratório (R)	
	APS	APT	RS	RT
Estado Fresco				
Relação a/c	-	-	1,68	1,83
Relação a/mc	-	-	0,17	0,18
Índice de consistência médio (mm)	22,83	21,33	27,5	27,00
Estado endurecido				
Resistência à tração na flexão (Mpa)	0,94	0,98	1,05	0,85
Resistência à compressão axial (Mpa)	4,83	4,71	7,14	6,08
Coefficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	30,32	27,77	42,37	48,55
Densidade de massa aparente (kg/m ³)	1,54	1,51	1,87	1,88
Módulo de elasticidade dinâmico (Gpa)	3,58	3,43	9,10	8,05

Fonte: elaborado pelo autor.

7.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS AMOSTRAS

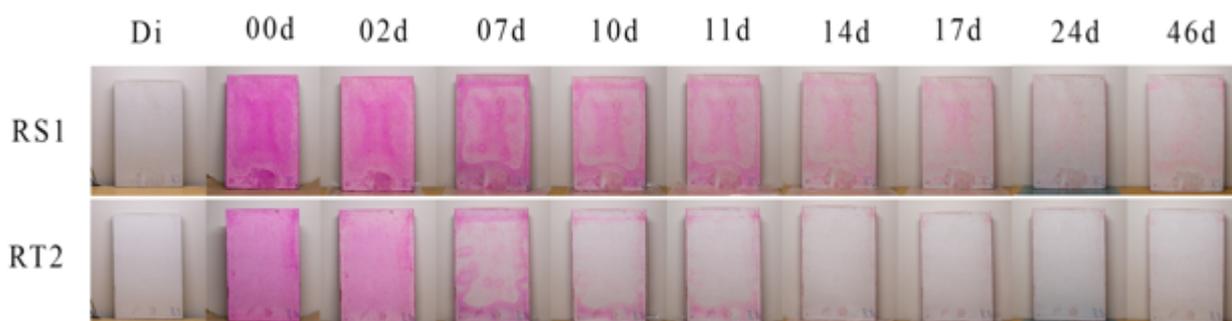
O registro fotográfico realizado nas datas de medição será apresentado conforme o teor de TiO_2 e idade de exposição. As fotos foram realizadas em ambiente fechado, com iluminação controlada e fometrias iguais, e, portanto, não sofreram alterações pelas condições de iluminação natural de cada dia. Nas figuras 30, 31, 32 e 33 são ilustradas as comparações entre as amostras ao longo do tempo de exposição. As argamassas de referência, que não foram manchadas, também tiveram a coloração analisada ao longo do tempo, já que também ficaram expostas ao intemperismo natural.

Figura 30 - Comparação da variação de cor entre as amostras APS1 e APT1



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 31 - Comparação da variação de cor entre as amostras RS1 e RT2



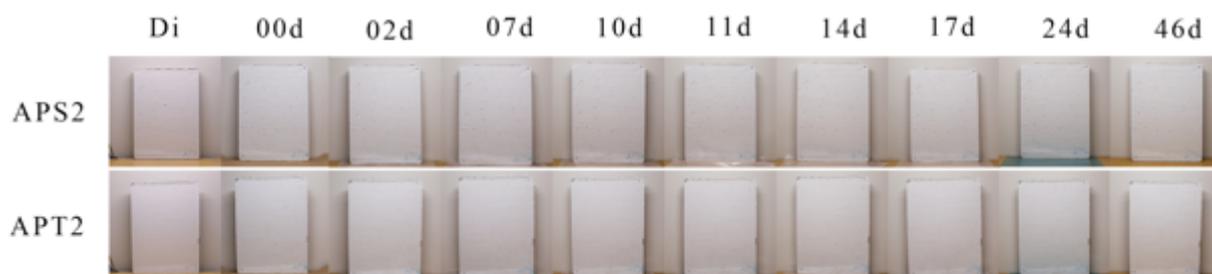
Fonte: arquivo pessoal do autor.

É possível observar que, a partir dos dois dias de idade, a descoloração do manchamento é evidente nas placas com argamassa fotocatalítica (APT1 e RT2), o que ocorre de forma mais lenta nas amostras com argamassas sem essa

característica (APS1 e RS1). A partir dessa idade, o processo de descoloração é notável em todos os tipos de argamassa, porém ocorre de forma mais rápida naquelas em que há adição de dióxido de titânio, chegando aos 46 dias de idade de exposição com ainda uma sensível diferença de desempenho autolimpante entre os tipos de argamassa citados. Também é visível que, na argamassa industrializada, o manchamento ocorreu de forma mais intensa. Isso se deve ao fato de que na argamassa dosada em laboratório, a superfície final ficou com rugosidade mais elevada. Em alguns pontos de alta rugosidade, é possível ver que não há uma pasta de acabamento e, portanto, o agregado miúdo é visível. Nessas áreas de maior rugosidade, o manchamento não ocorre de forma tão intensa devido à presença do agregado miúdo na superfície, que, por possuir baixa absorção, não mancha de forma tão intensa.

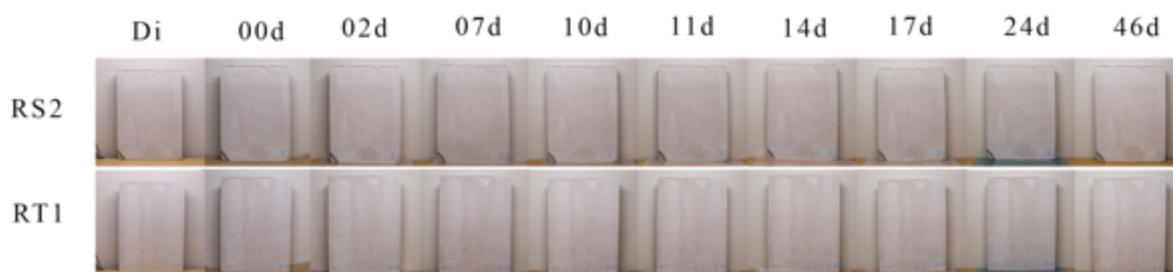
É importante ressaltar que desde o início de exposição até os dois dias de idade citada anteriormente, não houve registro de precipitações pluviométricas (conforme Apêndice A), o que indica que a descoloração visível nos primeiros dias não foi causada por uma possível lavagem da água da chuva sobre o composto orgânico utilizado no manchamento.

Figura 32 - Comparação da variação de cor entre as amostras APS2 e APT2



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 33 - Comparação da variação de cor entre as amostras RS2 e RT1



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Nas amostras que não passaram pelo processo de manchamento com Rodamina B, visualmente não se verifica evolução no que diz respeito à autolimpeza e nem diferença entre as argamassas fotocatalíticas e as de referência. No item seguinte, o comportamento das placas durante a exposição será discutido de forma mais apropriada, fundamentado em dados estatísticos e associada à bibliografia consultada.

7.6 DADOS COLORIMÉTRICOS

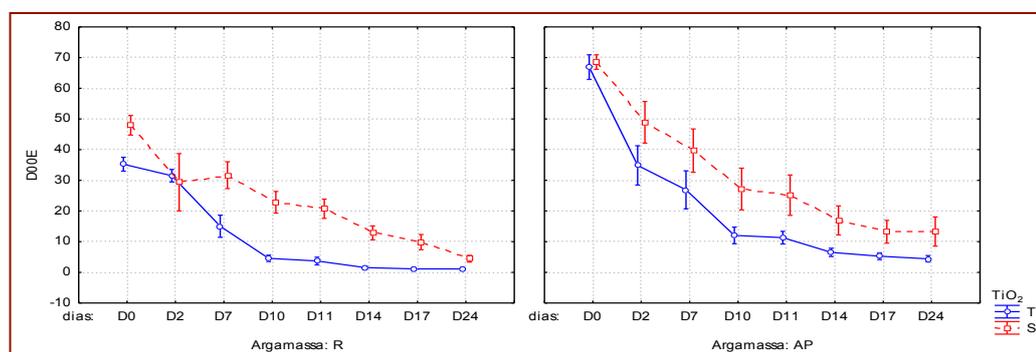
Para a obtenção dos dados de variação de cor (ΔE), a média aritmética da variação de cada um dos treze pontos das amostras foi tomado para cada idade de leitura. Os valores encontrados estão apresentados no Apêndice B e têm como referência inicial as amostras manchadas (em que tempo $t = 0$), o que representa a degradação da coloração ao longo do tempo.

A partir do espectrofotômetro portátil e do *software Cyberchrome OnColor*, foram tomadas as medidas dos seguintes dias de idade após manchamento para cada amostra: D_i (antes do manchamento), D_0 (primeiro dia após secagem do manchamento), D_2 , D_7 , D_{10} , D_{11} , D_{14} , D_{17} e D_{24} . Utilizando os treze pontos de cada placa, foi calculado o ΔE e, a partir disso, foi realizada a média desses valores por amostra.

7.6.1 Dados colorimétricos das amostras de argamassa manchadas

Na figura 34 estão ilustrados os efeitos das interações entre o tipo de argamassa, o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à variação de cor.

Figura 34 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à variação de cor para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B

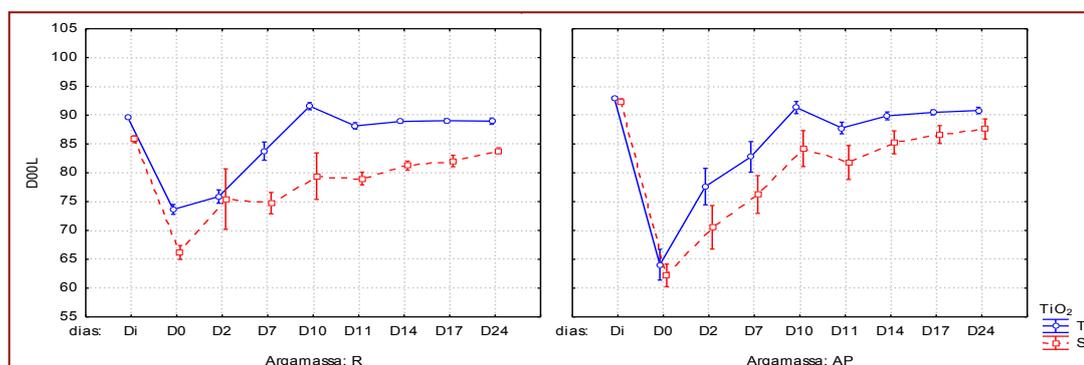


Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da figura 34, observa-se que as argamassas com adição de TiO_2 apresentam uma maior variação de cor nos primeiros dias de exposição, e ao longo do tempo essa taxa vai diminuindo. As argamassas sem adição apresentam uma variação menos intensa, mas que se mantém por mais tempo. Ao final da exposição, as duas argamassas apresentam taxas semelhantes. O resultado confirma o que foi visualizado na análise por meio das fotografias.

Na figura 35 estão ilustrados os efeitos da interação entre o tempo de exposição de TiO_2 em relação à refletância para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.

Figura 35 - Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à refletância para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B



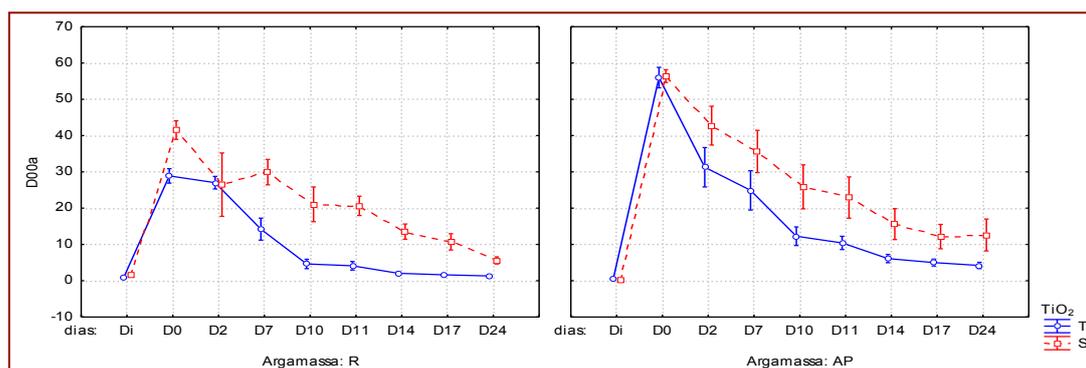
Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 35, verifica-se que os valores de refletância nas argamassas com adição de TiO_2 aumentam mais rapidamente nos primeiros dias de exposição, e a

partir do dia 11 os valores se mantêm muito próximos, ao passo que sem a adição o mesmo efeito ocorre de forma mais lenta. A queda da refletância entre os dias D_i e D_0 se deve ao manchamento realizado. Nota-se que na argamassa AP o manchamento ocorreu de forma mais intensa, assim como os incrementos de refletância durante a exposição. O motivo pelo qual a argamassa AP foi mais afetada pelo pigmento é de que a sua rugosidade é menor do que a da argamassa R, que chega a não possuir nata de acabamento em alguns pontos, o que torna o agregado miúdo visível na superfície. Como o agregado miúdo possui absorção de água muito baixa, a Rodamina B não surtiu o mesmo efeito do que na argamassa AP, onde há presença de mais finos e nata de acabamento na superfície. Também é importante observar que as amostras com argamassa R atingiram valores de refletância muito próximos do inicial, enquanto as amostras com argamassa AP obtiveram valores um pouco mais baixos quando comparados aos valores pré manchamento.

Na figura 36, está disposto o efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à “a” para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B.

Figura 36 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à “a” para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B



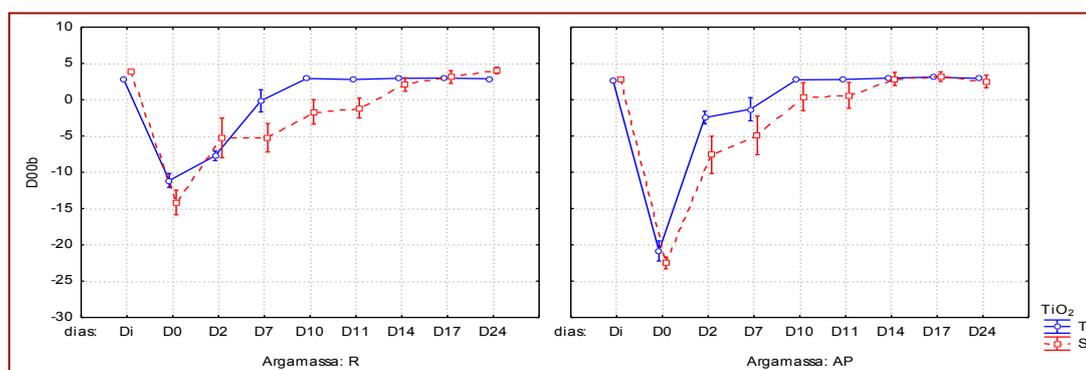
Fonte: elaborado pelo autor.

No espaço CIELab, os valores do índice “a” indicam cores avermelhadas acima de zero e esverdeadas abaixo de zero. Como a Rodamina B possui coloração rosa, esse parâmetro apresenta visível incremento no período de manchamento. Nos dias seguintes, o padrão de variação de cor seguiu o padrão observado para a refletância e para a variação de cor: argamassas com adição de TiO_2 com variações

mais abruptas no início da exposição. No mesmo espaço de cor, os valores de “b” indicam cores amareladas acima de zero e azuladas abaixo de zero.

Analisando a Figura 36, nota-se que a coloração das placas manchadas se situa no plano formado entre valores positivos de “a” e valores negativos de “b”, local onde se situa a coloração rosa da Rodamina B. Assim, os valores iniciais pré manchamento são positivos na figura 37 e se tornam negativos após a imersão das placas com o composto orgânico. Durante o processo de exposição, os valores voltam a ser positivos já na primeira semana de exposição. Os incrementos seguem o mesmo padrão citado para os dados anteriormente analisados.

Figura 37 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à “b” para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados com Rodamina B

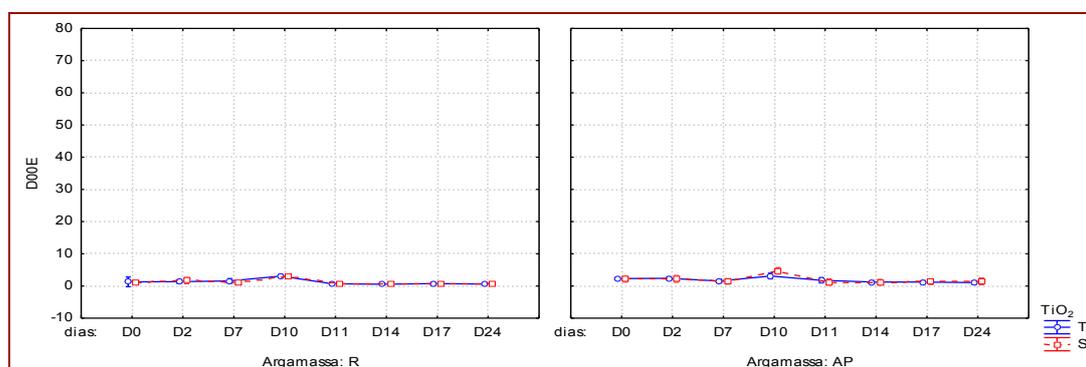


Fonte: elaborado pelo autor.

7.6.2 Dados calorimétricos das amostras de argamassa não manchadas

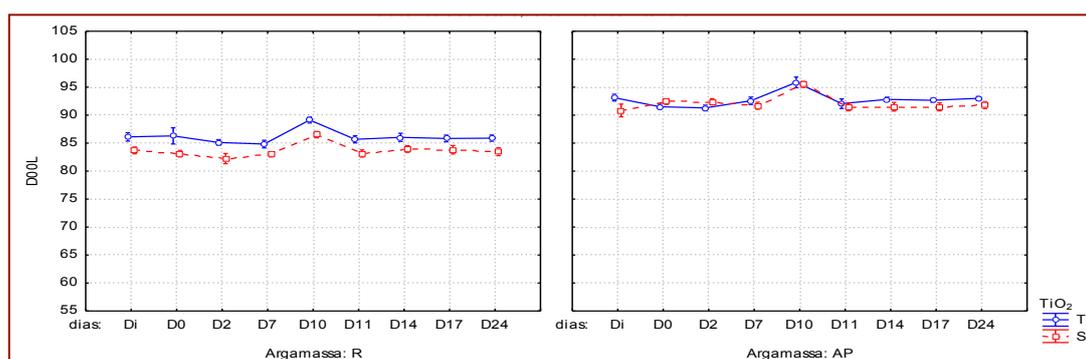
Ao analisar as amostras sem manchamento, não é possível notar diferença no comportamento das argamassas com e sem adição de TiO_2 durante a exposição. Apesar de ficarem dispostas em local exposto à poluição urbana, o tempo optado para realizar as leituras pode não ter sido suficiente para se notar uma melhora no desempenho da autolimpeza das superfícies, já que as placas não ficaram sujas com agentes biológicos e sujidades em tão pouco tempo de exposição. Nas figuras 38, 39, 40 e 41 é possível analisar os mesmos parâmetros observados para as amostras manchadas.

Figura 38 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à variação de cor para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova sem manchamento



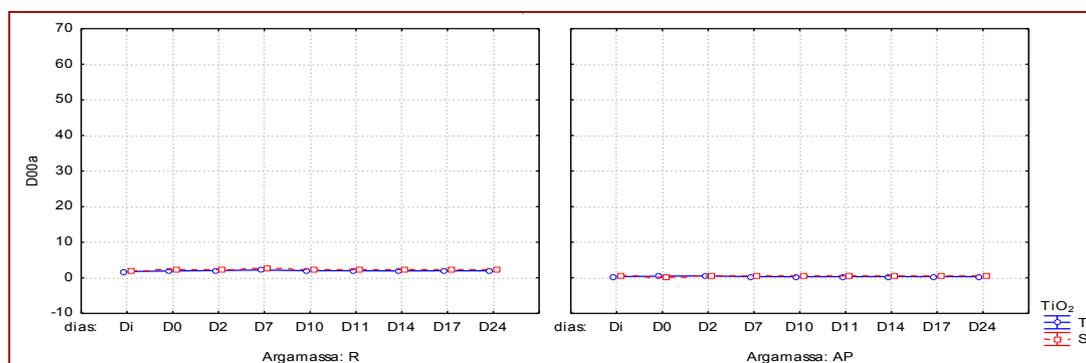
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 39 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à refletância para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova sem manchamento



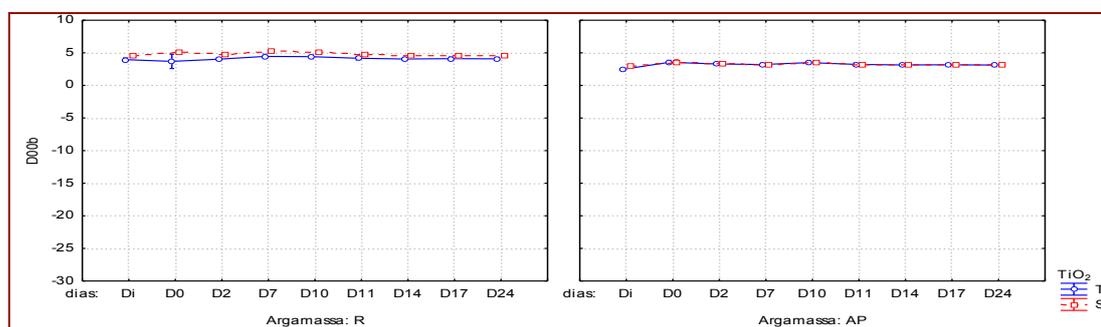
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à A para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados sem manchamento



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41 – Efeito da interação entre o tempo de exposição e a adição de TiO_2 em relação à B para os dois tipos de argamassa nos corpos de prova manchados sem manchamento



Fonte: elaborado pelo autor.

7.6.3 Dados calorimétricos da argamassa AP aplicada em edifício histórico no centro de Porto Alegre

Foram realizadas duas medições utilizando o mesmo espectrofotômetro em um intervalo de 80 dias. Cada medição foi separada da seguinte forma: quatro pontos por amostra em quatro amostras no edifício, sendo duas na orientação norte e e sul do sexto pavimento e outras duas nas mesmas orientações no segundo pavimento do edifício. Para auxiliar a compreensão dos resultados, foi realizada uma análise de variância da refletância do revestimento, como consta na tabela 31.

Tabela 31 - Análise de variância da refletância do revestimento

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Orientação	3,1	1	3,1	12	0,001698	S
Pavimento	1,5	1	1,5	6	0,020502	S
Idade	3,6	1	3,6	14	0,000947	S
Orientação*Pavimento	7,3	1	7,3	29	0,000015	S
Orientação*Idade	0,4	1	0,4	2	0,228449	NS
Pavimento*Idade	0,1	1	0,1	1	0,462793	NS
Orientação*Pavimento*Data	1,3	1	1,3	5	0,033292	S
Erro	6	24	0,3			

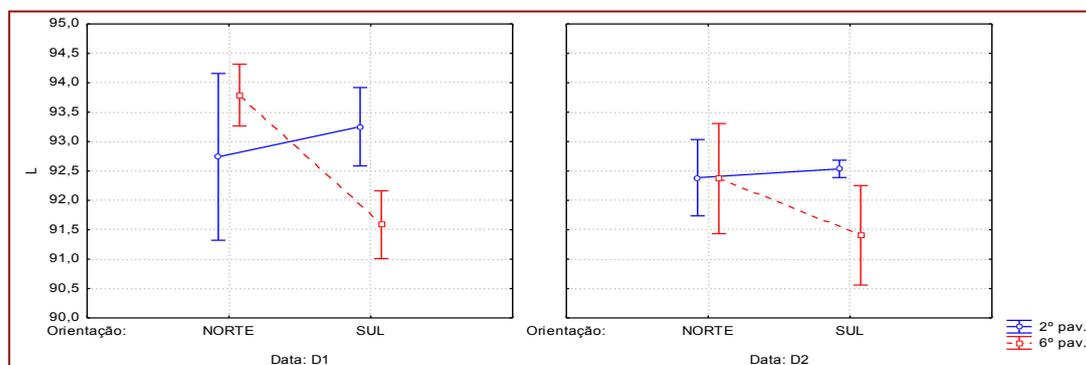
SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; N/S = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com os resultados da análise de variância, verifica-se que a orientação, o pavimento, a data e as interações entre orientação e pavimento e entre orientação, pavimento e data exercem influência significativa nos resultados de refletância. Na

figura 42, está ilustrado o efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à refletância para as duas datas.

Figura 42 – Efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à refletância para as duas datas



Fonte: elaborado pelo autor.

A tabela 32 apresenta o comparativo de médias por distribuição de Fischer para a refletância da argamassa utilizada.

Tabela 32 – Comparativo de médias de distribuição de Fischer para a refletância da argamassa utilizada

Efeito			NORTE				SUL			
			2		6		2		6	
			D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
NORTE	2	D1		NS	S	NS	NS	NS	S	S
		D2	NS		S	NS	S	NS	S	S
	6	D1	S	S		S	NS	S	S	S
		D2	NS	NS	S		S	NS	S	S
SUL	2	D1	NS	S	NS	S		NS	S	S
		D2	NS	NS	S	NS	NS		S	S
	6	D1	S	S	S	S	S	S		NS
		D2	S	S	S	S	S	S	NS	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando a figura 42 e a tabela 33, nota-se que ao longo do tempo os níveis de refletância baixaram (e são estatisticamente diferentes) para a amostra da fachada norte do sexto pavimento. O mesmo comportamento não é observado em todas as outras amostras. Também é possível observar que, no segundo pavimento, a fachada sul apresenta valores de refletância levemente superiores à fachada norte, porém os valores são estatisticamente iguais. Já no sexto pavimento, a fachada norte

apresentou valores de refletância superiores em relação à sul nas duas idades, o que pode ser explicado pelo fato dessa amostra estar exposta ao sol durante parte considerável do dia, ao passo que as amostras do segundo pavimento não apresentam a mesma condição (mesmo a amostra com orientação norte) devido aos prédios vizinhos. Para auxiliar a compreensão dos resultados, foi realizada uma análise de variância de cor do revestimento, como consta na tabela 33.

Tabela 33 - Análise de variância da variação de cor do revestimento

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calc	Fator p	Significância
Orientação	0,29566	1	0,29566	0,68704	0,423354	NS
Pavimento	0,62055	1	0,62055	1,44198	0,252986	NS
Orientação*Pavimento	0,03773	1	0,03773	0,08768	0,772208	NS
Erro	5,16415	12	0,43035			

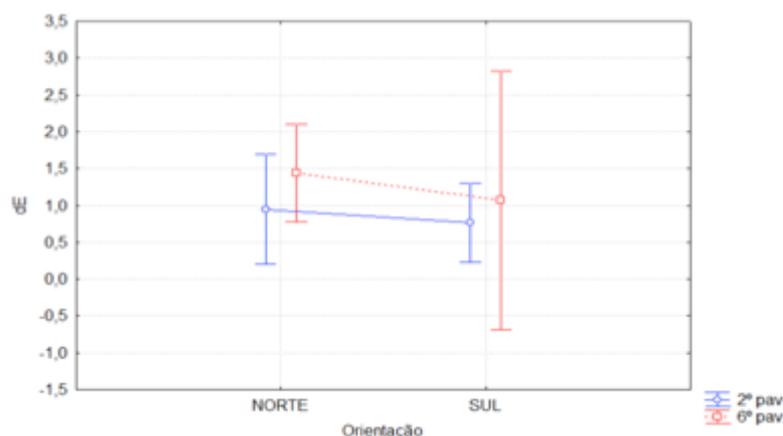
SQ = soma quadrática; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F calc = valor calculado de F; Se $p < 5\%$ = Efeito significativo; S = valor significativo; N/S = não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Nenhum dos efeitos é significativo para a variância de cor do revestimento.

A figura 43 apresenta o efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à variação de cor para as duas datas.

Figura 43 – Efeito da interação entre o pavimento do edifício e a orientação das fachadas em relação à variação de cor para as duas datas



Fonte: elaborado pelo autor.

A tabela 34 apresenta o comparativo de médias por distribuição de Fischer para a interação entre o pavimento do edifício e a orientação das duas fachadas em

relação à variação de cor para as duas datas.

Tabela 34 – Comparativo de médias de distribuição de Fischer para a interação entre o pavimento e a orientação das fachadas em relação à variação de cor para as duas datas.

Efeito		NORTE		SUL	
		2	6	2	6
NORTE	2		NS	NS	NS
	6	NS		NS	NS
SUL	2	NS	NS		NS
	6	NS	NS	NS	

S = valor significativo; NS = valor não significativo.

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a tabela 34 e a distribuição das médias de Fischer, os dados de variação de cor são estatisticamente iguais entre si nas duas orientações e nos diferentes pavimentos. Um motivo que pode ser apontado é de que o tempo entre as medições foi muito curto e, portanto, não foi possível encontrar diferença significativa na variação de cor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a eficiência da autolimpeza de uma argamassa industrializada com adição de dióxido de titânio (TiO_2) exposta ao ambiente urbano, além da análise dos efeitos da adição em algumas propriedades físico-mecânicas das argamassas. Para isso, foram realizados diversos ensaios de laboratório, além do acompanhamento fotográfico e da análise da cromaticidade ao longo do período de exposição das amostras.

8.1 CONCLUSÕES

A consideração que pode ser feita a respeito das propriedades das argamassas no estado fresco é de que, para manter a consistência da argamassa dosada em laboratório, foi necessário adicionar mais água à medida que se adiciona TiO_2 , o que aumenta a relação de água sobre materiais secos e, conseqüentemente, impactou em algumas propriedades. O mesmo não ocorreu com a argamassa industrializada.

Quanto às propriedades das argamassas no estado endurecido, foi possível concluir que:

- a) a resistência à tração na flexão e à compressão não tiveram alteração com a adição de TiO_2 quando se manteve a mesma quantidade de água (argamassas AP), porém houve diminuição nas duas resistências quando se adicionou água para manter a mesma consistência devido à adição de TiO_2 (argamassa RT);
- b) a adição de TiO_2 diminuiu o coeficiente de capilaridade da argamassa APT. O mesmo não se notou entre as argamassas do grupo R, já que houve ajuste de água na argamassa RT para manter a consistência e, por consequência, aumento de porosidade;
- c) não houve alteração da densidade aparente devido à adição de TiO_2 .

- d) o módulo de elasticidade dinâmico diminuiu com a adição de TiO_2 nas argamassas do grupo AP e também nas argamassas do grupo R, o que as torna mais deformáveis;
- e) a alteração da relação a/c nas argamassas do grupo R dificultaram a análise dos resultados, já que altera outra variável além da adição de TiO_2 .

Quanto à eficiência da autolimpeza das amostras de argamassas expostas, foi possível concluir que:

- a) em todos os tipos de argamassa, a adição de TiO_2 acelerou o processo de variação de cor após o manchamento e, portanto, tornou a autolimpeza da superfície mais eficiente;
- b) nos dois tipos de argamassa que foram manchados, as amostras com adição de TiO_2 obtiveram níveis de refletância levemente superiores ao longo da exposição, em um mesmo período de tempo;
- c) a argamassa industrializada (AP) manchou de forma mais intensa que a argamassa dosada em laboratório (R) devido ao fato de ter uma pasta mais homogênea, o que gerou uma superfície menos porosa e mais suscetível ao manchamento. Da mesma forma, a mesma argamassa atingiu níveis de variação de cor mais intensos em um curto período de tempo quando comparada à argamassa dosada em laboratório.
- d) o revestimento avaliado no edifício no centro de Porto Alegre não apresentou variação de cor durante as duas medidas realizadas, porém é importante ressaltar que, mesmo se situando em local de circulação de carros e propagação de sujidades, o revestimento ainda apresenta níveis de refletância altos e aparência muito próximo de quando foi inaugurado.
- e) o revestimento avaliado no edifício no centro de Porto Alegre apresentou níveis de refletância mais altos no ponto da fachada Norte do sexto pavimento do que nos outros pontos avaliados.

8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de aprimorar a avaliação da autolimpeza de superfícies com a adição de TiO_2 , sugere-se que sejam abordados os seguintes itens em futuras pesquisas:

- a) testar diferentes teores de TiO_2 na argamassa industrializada;
- b) utilizar aditivo superplastificante na mistura a fim de manter a trabalhabilidade da argamassa sem a necessidade de adicionar uma quantidade de água, que dificulta a análise das propriedades físicas da argamassa estudada;
- c) utilizar diferentes orientações solares durante a exposição, incluindo situações desfavoráveis para materiais fotocatalíticos (como fachadas Sul, por exemplo) e também inclinações diferentes, simulando quinas, curvas a fim de se aproximar com situações práticas da construção civil;
- d) testar outros tipos de manchamento como agentes biológicos, sujidades dos centros urbanos e outros tipos de corante.
- e) estudar diferentes acabamentos na superfície para analisar uma possível diferença na eficiência da autolimpeza;
- f) fazer um estudo do manchamento e da autolimpeza à longo prazo do mesmo edifício estudado nesse trabalho (localizado na Avenida Borges de Medeiros, número 262, Porto Alegre, Rio Grande do Sul).

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, H. Z.; TAIB, H.; SORRELL, C. C. Coating methods for self-cleaning thick films of titania. **Advances in Applied Ceramics**, London, v. 106, n. 1-2, p. 105-113, 2007.

ALMEIDA, M. K. **Fotocatálise heterogênea aplicada na degradação do corante rodamina-b utilizando nanopartículas de dióxido de titânio**. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland : requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Cimento Portland branco: especificação. Rio de Janeiro, 2018.

AUSTRIA, G. **Argamassa autolimpante para revestimento de fachadas: o efeito das propriedades fotocatalíticas do dióxido de titânio (TiO₂)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

AZEVEDO, N. A. M.; BARROSO DE AGUIAR, J. L.; PACHECO TORGAL, F. Argamassas fotocatalíticas: influência da composição na resistência mecânica e na capacidade de autolimpeza. APFAC, 2012.

BENEDIX, R.; DEHN, F.; QUAAS, J.; ORGASS, M. Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning building materials. **LACER**, n. 5, 2000.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Brasília, DF: DNPM, 2013.

BRITZ, A. A. **Diretrizes para especificação de pinturas externas texturizadas acrílicas em substrato de argamassa**. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2007.

CARP, O.; HUISMAN, C.L.; RELLER, A. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. **Progress in Solid State Chemistry**, Bucharest, v. 32, p. 33-177, 2004.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. **Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation – Cahier MERUC**. Livraison 341, cahier 2669- 3, juillet-août 1993. Paris, 1993.

CHAVES, A. M. V. A. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas**. 2009. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2009.

DIAMANTI, M.V.; ORMELLESE, M.; PEDEFERRI, M. P. Characterization of photocatalytic and superhydrophilic properties of mortars containing titanium dioxide. **Cement and Concrete Research**, v. 38, p. 1349–1353, 2008.

FERNANDES, I. M. D. **Aplicação de compósitos de TiO₂ em carvão activado na fotodegradação do fenol com luz ultravioleta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

FOLLI, A.; PADE, C.; HANSEN, T. B.; DE MARCO, T.; MACPHEE, D. E. **TiO₂ photocatalysis in cementitious systems: insights into self-cleaning and depollution chemistry.** Cement and Concrete Research, v. 42, n. 3, p. 539-548, 2012.

FONSECA, A. J. M. D. **Avaliação da eficácia de tratamentos convencionais e aplicações alternativas para prevenir biodeterioração em património cultural.** Dissertação (Mestrado em Conservação e Restauro) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

FRANK, S. N.; BARD, A. J. **Heterogeneous photocatalytic oxidation of cyanide and sulfite in aqueous solutions at semiconductor powders.** The Journal of the Physical Chemistry, n. 15, 1977.

FUJISHIMA, A.; RAO, T. N.; TRYK, D. A. Titanium dioxide photocatalysis. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 1, n. 1, p. 1-21, 2000.

GUERRA, F. L. **Avaliação da Eficiência de TiO₂ contra fungos filamentosos normalmente encontrados em argamassas típicas de edificações históricas.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

GUROL, M. D. **Photo-catalytic construction materials and reduction in air pollutants.** San Diego, 2006.

HASHIMOTO, K.; FUJISHIMA, A.; IRIE, H. **TiO₂ photocatalysis: a historical overview and future prospects.** Japanese Journal of Applied Physics, Tokyo, v. 44, n. 12, p. 8269-8285, 2005.

HÜSKEN, G.; BROUWERS, H. J. H. **A new mix design concept for earth-moist concrete: A theoretical and experimental study.** Cement and Concrete Research, v. 38, n. 10, p. 1246- 1259, 2008.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Manual de Conservação Preventiva.** Recife, 2001.

KRISHNAN; P.; ZHANG, M. H.; YU, L.; FENG, H. **Photocatalytic degradation of particulate pollutants and self-cleaning performance performance of TiO₂-containing silicate coating and mortar.** Construction and Building Materials, v. 44, p. 309-316, 2013.

LACEY, M.; SCHIRMER, W. **O uso da fotocatalise para a desinfecção e desodorização do ar interno.** Ambiência: Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Guarapuava, v. 4. n. 2. p. 309-325. Maio-ago. 2008.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MARANHÃO, F. L. **Método para redução de mancha nas vedações externas de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

MELO, J. V. S. **Desenvolvimento de peças pré-moldadas de concreto fotocatalíticas para pavimentação e purificação do ar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

NICHOLSON, C. **Pollution-Killing material: smog-eating cement**. 2013. Disponível em: <<http://www.core77.com/posts/25281/pollution-killing-material-smog-eating-cement-25281>>. Acesso em: 30 out. 2018.

OLIVEIRA, C. S. P. de. **Análise crítica de experiências e discussão de estratégias para implantação de leis de inspeção de elementos de fachada**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Rio do Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

PARAMÉS, J. R. R. **Nanotecnologias na Indústria da Construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa, 2008.

PASSUELO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromacidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. 2003. 175f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

PEREIRA, M. A. C.; JALALI, S.; TORGAL, F. P. **Argamassas aditivadas com Dióxido de Titânio: uma solução eficaz no combate aos graffitis**. Materiais de Construção, Lisboa, v. 146, p. 42-45, nov.-dez. 2009.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PICADA PROJECT. **Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment**. Disponível em: <<http://www.picada-project.com>>. Acesso em: 1 jun. 2018.

POON, C.; CHEUNG, C. NO Removal efficiency of photocatalytic paving blocks prepared with recycled materials. **Construction and Building Materials**, n. 21, p. 1746-1753, 2007.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. **Projeto de Experimentos**. Porto Alegre. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

STAMATE, M; LAZAR, G. Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning materials. **Romanian Technical Sciences Academy**, v. 3, p. 280-285, 2007.

THOMAS, F. B. **Sistema de produção de argamassa para revestimento externo: comparação entre argamassa industrializada em saco e em silo**. 2012. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TINOCO, J. E. L. Plano de Gestão da Conservação para edificações de valor cultural. **Revista CPC**, São Paulo, n.17, p. 001-205, 2014.

TREVISIO, J.P. **Avaliação da eficiência de autolimpeza em argamassas e pastas contendo TiO₂ expostas ao microclima urbano**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

UNESP (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho). **Ondas EM (eletromagnéticas). Ondas ultravioleta (UV)**. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm>. Acesso em: 8 nov. 2018.

zap

VERHOEF, F. G. W. Soiling and cleaning of building façades. **Report of the Technical Committee 62 SCF – RILEM**. London: L. G. W. Verhoef, 2004.

APÊNDICE A

Apêndice A – Precipitações pluviométricas em Porto Alegre durante o período de exposição das amostras.

Registro diário de chuva - Porto Alegre - 2017							
Dia	Volume (mm)						
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	56,20	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
2	0,00	-	0,00	-	29,00	-	-
3	-	0,00	23,20	-	0,00	4,80	-
4	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	10,60
5	6,80	0,00	-	0,00	0,00	-	1,40
6	2,20	0,00	-	3,40	0,00	18,20	0,00
7	3,20	0,00	0,00	0,00	-	0,00	70,00
8	96,00	-	1,80	0,00	-	0,00	4,60
9	1,60	-	3,00	-	0,00	7,40	-
10	-	0,00	0,00	-	0,00	8,00	-
11	-	0,00	8,00	0,00	82,20	-	0,60
12	0,00	2,00	-	0,00	-	-	0,00
13	0,00	0,00	-	0,80	118,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	46,80	0,00	-	0,00	0,00
15	-	-	0,00	32,40	-	0,00	0,00
16	0,00	-	0,00	-	11,80	0,00	-
17	-	19,00	0,00	-	0,00	16,80	-
18	-	0,00	0,00	135,60	0,00	-	8,20
19	14,20	0,00	-	0,00	56,00	-	0,00
20	0,00	0,00	-	0,00	0,00	2,20	0,00
21	0,00	0,00	30,40	0,00	-	0,00	0,20
22	0,00	-	0,00	0,00	-	5,60	0,00
23	0,00	-	0,00	-	5,20	0,00	-
24	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-
25	-	0,00	0,00	6,60	0,00	-	-
26	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	46,40
27	0,00	0,00	-	0,00	20,40	65,40	0,00
28	0,00	0,00	0,20	ND	-	0,00	0,00
29	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	1,00
30	7,40	-	0,40	15,60	5,40	0,00	-
31	-	0,00	0,00	-	0,00	-	-

APÊNDICE B

Apêndice B – Dados Calorimétricos.

Dados calorimétricos antes do manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D00 sem manchar			
				d00L	d00a	d00b	d00E
R	T	D0	Rodamina	88,72	0,83	2,81	-
R	T	D0	Rodamina	89,83	0,76	2,99	-
R	T	D0	Rodamina	89,87	0,73	2,86	-
R	T	D0	Rodamina	89,85	0,81	2,76	-
R	T	D0	Rodamina	90,03	0,71	2,57	-
R	T	D0	Rodamina	89,43	0,89	3,03	-
R	T	D0	Rodamina	89,53	0,72	2,84	-
R	T	D0	Rodamina	89,10	0,75	2,99	-
R	T	D0	Rodamina	88,94	0,73	2,90	-
R	T	D0	Rodamina	90,51	0,78	2,80	-
R	T	D0	Rodamina	89,88	0,82	2,91	-
R	T	D0	Rodamina	89,38	0,80	2,75	-
R	T	D0	Rodamina	90,09	0,73	2,90	-
R	T	D0	Limpa	84,62	2,29	4,76	-
R	T	D0	Limpa	87,03	1,68	3,78	-
R	T	D0	Limpa	85,68	2,01	4,51	-
R	T	D0	Limpa	84,26	2,21	4,21	-
R	T	D0	Limpa	86,09	1,76	3,91	-
R	T	D0	Limpa	87,88	1,21	3,06	-
R	T	D0	Limpa	84,52	2,25	4,26	-
R	T	D0	Limpa	87,63	1,41	4,02	-
R	T	D0	Limpa	85,76	1,93	4,36	-
R	T	D0	Limpa	85,62	1,97	4,01	-
R	T	D0	Limpa	86,28	1,48	3,51	-
R	T	D0	Limpa	87,96	1,36	3,42	-
R	T	D0	Limpa	86,29	1,70	3,71	-
R	S	D0	Rodamina	83,45	2,44	4,30	-
R	S	D0	Rodamina	86,32	1,54	3,79	-
R	S	D0	Rodamina	86,83	1,39	3,54	-
R	S	D0	Rodamina	86,00	1,70	4,04	-
R	S	D0	Rodamina	85,55	1,90	3,96	-
R	S	D0	Rodamina	86,05	1,85	4,05	-
R	S	D0	Rodamina	85,84	1,71	3,59	-
R	S	D0	Rodamina	86,12	1,56	4,02	-
R	S	D0	Rodamina	86,64	1,58	3,76	-
R	S	D0	Rodamina	87,04	1,49	3,66	-

R	S	D0	Rodamina	86,17	1,68	3,70	-
R	S	D0	Rodamina	85,62	1,98	3,95	-
R	S	D0	Rodamina	84,30	1,94	4,50	-
R	S	D0	Limpa	82,30	2,12	5,24	-
R	S	D0	Limpa	83,68	2,48	5,15	-
R	S	D0	Limpa	83,00	2,51	4,91	-
R	S	D0	Limpa	82,75	2,27	4,79	-
R	S	D0	Limpa	83,28	2,38	5,02	-
R	S	D0	Limpa	84,81	1,71	4,36	-
R	S	D0	Limpa	84,14	2,00	4,52	-
R	S	D0	Limpa	84,89	1,98	4,26	-
R	S	D0	Limpa	82,75	2,19	4,55	-
R	S	D0	Limpa	83,87	2,25	4,59	-
R	S	D0	Limpa	83,04	1,99	4,34	-
R	S	D0	Limpa	83,83	2,03	4,75	-
R	S	D0	Limpa	85,81	1,68	3,82	-
AP	T	D0	Rodamina	93,43	0,36	2,55	-
AP	T	D0	Rodamina	92,71	0,38	2,53	-
AP	T	D0	Rodamina	93,80	0,31	2,50	-
AP	T	D0	Rodamina	93,28	0,36	2,45	-
AP	T	D0	Rodamina	92,70	0,42	2,61	-
AP	T	D0	Rodamina	92,13	0,48	2,84	-
AP	T	D0	Rodamina	93,39	0,38	2,54	-
AP	T	D0	Rodamina	92,59	0,43	2,80	-
AP	T	D0	Rodamina	93,19	0,40	2,61	-
AP	T	D0	Rodamina	92,30	0,43	2,56	-
AP	T	D0	Rodamina	92,83	0,45	2,73	-
AP	T	D0	Rodamina	92,90	0,44	2,69	-
AP	T	D0	Rodamina	92,89	0,40	2,54	-
AP	T	D0	Limpa	93,49	0,29	2,45	-
AP	T	D0	Limpa	92,96	0,31	2,36	-
AP	T	D0	Limpa	93,71	0,27	2,41	-
AP	T	D0	Limpa	93,45	0,30	2,42	-
AP	T	D0	Limpa	92,77	0,31	2,66	-
AP	T	D0	Limpa	92,81	0,35	2,60	-
AP	T	D0	Limpa	90,21	0,42	2,39	-
AP	T	D0	Limpa	92,59	0,35	2,67	-
AP	T	D0	Limpa	94,12	0,45	2,10	-
AP	T	D0	Limpa	94,11	0,24	2,40	-
AP	T	D0	Limpa	93,71	0,33	2,50	-
AP	T	D0	Limpa	93,20	0,38	2,60	-
AP	T	D0	Limpa	93,63	0,29	2,58	-
AP	S	D0	Rodamina	92,90	0,35	2,79	-
AP	S	D0	Rodamina	92,66	0,35	2,89	-
AP	S	D0	Rodamina	92,41	0,39	3,12	-
AP	S	D0	Rodamina	93,12	0,31	2,89	-
AP	S	D0	Rodamina	92,81	0,32	3,01	-
AP	S	D0	Rodamina	90,99	0,49	2,75	-

AP	S	D0	Rodamina	92,25	0,35	2,97	-
AP	S	D0	Rodamina	92,27	0,30	2,73	-
AP	S	D0	Rodamina	92,19	0,39	2,89	-
AP	S	D0	Rodamina	92,89	0,33	2,77	-
AP	S	D0	Rodamina	92,25	0,32	2,79	-
AP	S	D0	Rodamina	91,03	0,43	2,74	-
AP	S	D0	Rodamina	93,45	0,27	2,68	-
AP	S	D0	Limpa	91,05	0,50	2,95	-
AP	S	D0	Limpa	90,60	0,51	3,02	-
AP	S	D0	Limpa	91,69	0,50	3,10	-
AP	S	D0	Limpa	86,01	0,58	2,71	-
AP	S	D0	Limpa	90,91	0,48	2,93	-
AP	S	D0	Limpa	88,55	0,56	2,88	-
AP	S	D0	Limpa	91,90	0,49	2,75	-
AP	S	D0	Limpa	90,19	0,51	3,07	-
AP	S	D0	Limpa	90,92	0,52	3,19	-
AP	S	D0	Limpa	92,53	0,47	3,01	-
AP	S	D0	Limpa	92,67	0,47	2,86	-
AP	S	D0	Limpa	90,61	0,53	2,85	-
AP	S	D0	Limpa	93,31	0,41	2,75	-

Dados calorimétricos após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D00 depois de manchar			
				d00L	d00a	d00b	d00E
R	T	D0	Rodamina	74,18	28,33	-10,61	33,88
R	T	D0	Rodamina	74,90	28,10	-10,63	34,00
R	T	D0	Rodamina	74,79	26,81	-10,29	32,87
R	T	D0	Rodamina	73,54	28,24	-10,78	34,66
R	T	D0	Rodamina	75,69	27,14	-10,48	32,77
R	T	D0	Rodamina	69,95	39,20	-16,11	47,05
R	T	D0	Rodamina	74,17	27,29	-10,91	33,63
R	T	D0	Rodamina	73,66	28,61	-10,85	34,73
R	T	D0	Rodamina	72,21	27,91	-10,16	34,49
R	T	D0	Rodamina	73,95	26,29	-9,92	32,97
R	T	D0	Rodamina	73,36	29,00	-11,05	35,53
R	T	D0	Rodamina	73,37	30,89	-12,09	37,17
R	T	D0	Rodamina	73,69	27,90	-10,73	34,53
R	T	D0	Limpa	83,82	2,60	4,93	0,87
R	T	D0	Limpa	86,55	1,96	4,06	0,62
R	T	D0	Limpa	85,15	2,44	4,74	0,71
R	T	D0	Limpa	84,48	2,36	4,14	0,27
R	T	D0	Limpa	93,24	0,29	-2,19	9,51
R	T	D0	Limpa	87,49	1,41	3,26	0,48
R	T	D0	Limpa	84,81	2,34	4,20	0,32

R	T	D0	Limpa	87,41	1,52	4,08	0,26
R	T	D0	Limpa	85,43	2,29	4,56	0,53
R	T	D0	Limpa	84,69	2,26	4,32	1,02
R	T	D0	Limpa	85,82	1,71	3,98	0,70
R	T	D0	Limpa	87,40	1,57	3,84	0,74
R	T	D0	Limpa	85,63	2,05	4,04	0,82
R	S	D0	Rodamina	64,92	40,50	-12,79	45,65
R	S	D0	Rodamina	69,28	37,75	-13,26	43,50
R	S	D0	Rodamina	66,99	41,84	-14,98	48,71
R	S	D0	Rodamina	62,78	47,06	-16,61	54,99
R	S	D0	Rodamina	65,37	36,79	-8,13	42,08
R	S	D0	Rodamina	66,81	39,90	-13,66	46,17
R	S	D0	Rodamina	65,83	44,08	-15,40	50,56
R	S	D0	Rodamina	67,40	39,79	-14,13	46,28
R	S	D0	Rodamina	64,88	47,00	-17,36	54,60
R	S	D0	Rodamina	66,18	44,99	-16,25	52,19
R	S	D0	Rodamina	64,42	46,74	-17,96	54,52
R	S	D0	Rodamina	70,15	33,53	-9,92	37,77
R	S	D0	Rodamina	65,33	40,00	-13,52	46,18
R	S	D0	Limpa	82,47	2,47	5,86	0,73
R	S	D0	Limpa	82,83	2,53	5,69	1,01
R	S	D0	Limpa	82,91	2,51	4,81	0,13
R	S	D0	Limpa	82,85	2,48	4,97	0,30
R	S	D0	Limpa	81,64	2,51	4,94	1,64
R	S	D0	Limpa	84,29	1,70	4,40	0,52
R	S	D0	Limpa	83,16	2,25	4,98	1,11
R	S	D0	Limpa	83,41	2,39	5,41	1,92
R	S	D0	Limpa	82,85	2,71	5,29	0,91
R	S	D0	Limpa	81,95	2,49	5,26	2,05
R	S	D0	Limpa	83,72	2,33	4,90	0,95
R	S	D0	Limpa	83,20	2,43	5,40	0,99
R	S	D0	Limpa	85,39	2,10	4,59	0,97
AP	T	D0	Rodamina	62,48	58,86	-21,78	70,51
AP	T	D0	Rodamina	58,27	61,59	-24,06	75,10
AP	T	D0	Rodamina	59,51	60,50	-22,76	73,72
AP	T	D0	Rodamina	62,62	58,33	-21,92	69,96
AP	T	D0	Rodamina	63,79	55,93	-20,42	66,69
AP	T	D0	Rodamina	74,66	43,98	-14,92	50,13
AP	T	D0	Rodamina	63,83	57,11	-21,27	68,26
AP	T	D0	Rodamina	63,52	56,24	-22,16	67,70
AP	T	D0	Rodamina	61,14	57,59	-21,56	69,87
AP	T	D0	Rodamina	63,03	56,32	-20,48	67,17
AP	T	D0	Rodamina	70,47	49,76	-18,05	57,99
AP	T	D0	Rodamina	67,06	53,59	-19,96	63,29
AP	T	D0	Rodamina	62,48	58,05	-21,53	69,48
AP	T	D0	Limpa	92,20	0,44	2,93	1,38
AP	T	D0	Limpa	90,53	0,51	3,24	2,59
AP	T	D0	Limpa	92,37	0,40	3,43	1,68

AP	T	D0	Limpa	91,32	0,44	3,29	2,30
AP	T	D0	Limpa	91,53	0,50	3,37	1,44
AP	T	D0	Limpa	91,37	0,48	2,83	1,47
AP	T	D0	Limpa	92,71	0,41	3,31	2,67
AP	T	D0	Limpa	90,58	0,48	3,46	2,16
AP	T	D0	Limpa	90,43	0,51	4,54	4,43
AP	T	D0	Limpa	92,12	0,38	4,02	2,56
AP	T	D0	Limpa	91,76	0,45	3,98	2,45
AP	T	D0	Limpa	90,91	0,54	3,52	2,46
AP	T	D0	Limpa	91,79	0,46	4,19	2,45
AP	S	D0	Rodamina	60,26	58,36	-21,89	70,99
AP	S	D0	Rodamina	64,38	55,96	-22,36	67,30
AP	S	D0	Rodamina	60,97	56,49	-20,83	68,62
AP	S	D0	Rodamina	61,47	56,73	-22,08	69,34
AP	S	D0	Rodamina	60,06	56,19	-22,20	69,49
AP	S	D0	Rodamina	59,88	60,42	-25,70	73,28
AP	S	D0	Rodamina	62,82	54,03	-22,32	66,23
AP	S	D0	Rodamina	68,34	50,77	-20,66	60,55
AP	S	D0	Rodamina	60,21	60,08	-22,20	72,21
AP	S	D0	Rodamina	57,76	59,42	-23,35	73,55
AP	S	D0	Rodamina	59,69	57,57	-23,99	71,09
AP	S	D0	Rodamina	65,93	55,03	-23,34	65,50
AP	S	D0	Rodamina	67,01	52,10	-21,33	62,95
AP	S	D0	Limpa	93,64	0,28	2,81	2,60
AP	S	D0	Limpa	92,80	0,30	3,05	2,21
AP	S	D0	Limpa	92,73	0,35	3,33	1,07
AP	S	D0	Limpa	92,77	0,35	2,92	6,77
AP	S	D0	Limpa	92,92	0,37	3,04	2,01
AP	S	D0	Limpa	92,21	0,44	3,36	3,69
AP	S	D0	Limpa	92,93	0,33	3,46	1,27
AP	S	D0	Limpa	91,75	0,40	4,32	2,00
AP	S	D0	Limpa	91,88	0,37	4,31	1,49
AP	S	D0	Limpa	92,85	0,29	4,05	1,10
AP	S	D0	Limpa	92,70	0,34	4,00	1,15
AP	S	D0	Limpa	90,37	0,52	3,91	1,09
AP	S	D0	Limpa	92,00	0,43	4,35	2,06

Dados calorimétricos dois dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D02			
				d02L	d02a	d02b	d02E
R	T	D0	Rodamina	77,35	26,27	-7,30	29,65
R	T	D0	Rodamina	77,55	27,18	-6,47	30,63
R	T	D0	Rodamina	76,50	25,84	-8,32	30,56
R	T	D0	Rodamina	76,67	25,97	-8,06	30,39
R	T	D0	Rodamina	76,40	25,08	-7,37	29,63

R	T	D0	Rodamina	69,96	36,24	-9,96	42,40
R	T	D0	Rodamina	76,23	26,29	-8,75	31,07
R	T	D0	Rodamina	75,57	27,72	-7,67	32,00
R	T	D0	Rodamina	75,11	25,86	-7,82	30,61
R	T	D0	Rodamina	76,14	25,48	-7,84	30,49
R	T	D0	Rodamina	76,70	25,97	-7,30	30,18
R	T	D0	Rodamina	76,91	25,98	-5,39	29,25
R	T	D0	Rodamina	75,35	27,51	-8,22	32,52
R	T	D0	Limpa	85,00	2,28	4,38	0,54
R	T	D0	Limpa	86,73	1,78	3,95	0,36
R	T	D0	Limpa	85,70	2,45	4,38	0,46
R	T	D0	Limpa	85,52	2,07	3,91	1,30
R	T	D0	Limpa	83,55	2,34	4,03	2,61
R	T	D0	Limpa	84,95	1,60	3,48	2,99
R	T	D0	Limpa	84,27	2,29	4,30	0,25
R	T	D0	Limpa	86,38	1,69	3,96	1,28
R	T	D0	Limpa	85,10	2,17	4,59	0,74
R	T	D0	Limpa	84,37	2,29	4,26	1,31
R	T	D0	Limpa	84,75	1,96	3,70	1,62
R	T	D0	Limpa	84,99	1,71	3,53	2,99
R	T	D0	Limpa	85,31	1,90	3,82	1,00
R	S	D0	Rodamina	70,29	35,36	-7,02	37,22
R	S	D0	Rodamina	76,25	29,64	-5,41	31,24
R	S	D0	Rodamina	69,71	37,54	-9,51	42,08
R	S	D0	Rodamina	67,58	39,84	-10,71	44,85
R	S	D0	Rodamina	66,24	30,31	-2,13	34,89
R	S	D0	Rodamina	93,33	2,03	0,02	8,31
R	S	D0	Rodamina	87,12	5,81	-0,08	5,65
R	S	D0	Rodamina	86,26	6,54	0,27	6,23
R	S	D0	Rodamina	79,15	13,45	-1,71	15,06
R	S	D0	Rodamina	69,81	39,74	-10,43	44,26
R	S	D0	Rodamina	66,77	44,12	-12,94	49,54
R	S	D0	Rodamina	73,68	30,02	-4,50	31,63
R	S	D0	Rodamina	74,66	29,82	-4,17	30,75
R	S	D0	Limpa	81,62	2,65	5,65	0,96
R	S	D0	Limpa	82,78	2,48	4,93	0,93
R	S	D0	Limpa	82,67	2,70	4,97	0,38
R	S	D0	Limpa	83,04	2,42	4,75	0,33
R	S	D0	Limpa	80,43	2,59	4,33	2,94
R	S	D0	Limpa	79,66	1,99	4,35	5,16
R	S	D0	Limpa	83,40	2,44	4,90	0,94
R	S	D0	Limpa	82,58	2,40	4,75	2,40
R	S	D0	Limpa	83,23	2,62	4,95	0,76
R	S	D0	Limpa	83,19	2,34	4,46	0,70
R	S	D0	Limpa	82,12	2,20	4,24	0,95
R	S	D0	Limpa	79,71	2,54	4,63	4,15
R	S	D0	Limpa	84,70	1,79	4,62	1,37
AP	T	D0	Rodamina	76,63	34,93	-2,76	38,81

AP	T	D0	Rodamina	69,86	43,25	-4,54	49,09
AP	T	D0	Rodamina	70,96	43,28	-4,35	49,14
AP	T	D0	Rodamina	74,14	37,85	-3,15	42,47
AP	T	D0	Rodamina	79,34	26,62	-1,96	29,76
AP	T	D0	Rodamina	85,47	15,84	0,17	16,96
AP	T	D0	Rodamina	76,51	32,97	-2,79	37,08
AP	T	D0	Rodamina	83,80	21,90	-0,97	23,51
AP	T	D0	Rodamina	71,20	41,20	-4,04	46,82
AP	T	D0	Rodamina	75,14	35,50	-2,77	39,41
AP	T	D0	Rodamina	81,51	25,72	-1,88	28,07
AP	T	D0	Rodamina	83,50	20,97	-0,47	22,81
AP	T	D0	Rodamina	80,90	26,66	-2,46	29,30
AP	T	D0	Limpa	90,32	0,55	3,17	3,26
AP	T	D0	Limpa	89,85	0,55	3,10	3,21
AP	T	D0	Limpa	91,53	0,53	3,28	2,36
AP	T	D0	Limpa	91,66	0,52	2,96	1,89
AP	T	D0	Limpa	91,65	0,48	3,09	1,20
AP	T	D0	Limpa	91,24	0,52	2,78	1,60
AP	T	D0	Limpa	92,59	0,44	3,09	2,48
AP	T	D0	Limpa	90,44	0,54	3,29	2,25
AP	T	D0	Limpa	90,35	0,61	4,21	4,33
AP	T	D0	Limpa	92,43	0,43	3,62	2,08
AP	T	D0	Limpa	91,76	0,53	3,57	2,24
AP	T	D0	Limpa	91,40	0,85	3,13	1,93
AP	T	D0	Limpa	91,68	0,56	3,67	2,25
AP	S	D0	Rodamina	63,91	53,48	-13,38	62,64
AP	S	D0	Rodamina	70,27	45,17	-9,81	51,68
AP	S	D0	Rodamina	64,52	52,19	-11,63	60,65
AP	S	D0	Rodamina	65,93	50,46	-12,48	59,08
AP	S	D0	Rodamina	65,47	49,19	-10,05	57,50
AP	S	D0	Rodamina	62,76	52,08	-11,48	60,51
AP	S	D0	Rodamina	70,02	43,28	-9,30	49,88
AP	S	D0	Rodamina	81,96	28,59	-2,56	30,57
AP	S	D0	Rodamina	72,75	41,59	-5,84	46,39
AP	S	D0	Rodamina	72,29	38,29	-2,89	43,56
AP	S	D0	Rodamina	70,07	39,90	-3,37	45,79
AP	S	D0	Rodamina	76,01	34,09	-4,49	37,56
AP	S	D0	Rodamina	81,18	27,36	-1,46	30,03
AP	S	D0	Limpa	93,96	0,29	2,58	2,94
AP	S	D0	Limpa	92,77	0,36	2,91	2,17
AP	S	D0	Limpa	93,18	0,33	2,82	1,52
AP	S	D0	Limpa	92,73	0,37	2,86	6,72
AP	S	D0	Limpa	92,47	0,39	2,86	1,57
AP	S	D0	Limpa	92,52	0,37	3,17	3,99
AP	S	D0	Limpa	92,86	0,37	3,37	1,16
AP	S	D0	Limpa	91,57	0,42	3,66	1,50
AP	S	D0	Limpa	91,47	0,42	4,08	1,05
AP	S	D0	Limpa	92,68	0,33	3,74	0,76

AP	S	D0	Limpa	92,85	0,34	3,62	0,79
AP	S	D0	Limpa	91,75	0,44	3,72	1,44
AP	S	D0	Limpa	90,32	0,65	3,90	3,21

Dados calorimétricos sete dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D07			
				d07L	d07a	d07b	d07E
R	T	D0	Rodamina	84,59	13,27	1,14	13,21
R	T	D0	Rodamina	82,17	19,51	-2,03	20,87
R	T	D0	Rodamina	85,61	11,22	1,16	11,45
R	T	D0	Rodamina	84,32	14,30	0,70	14,72
R	T	D0	Rodamina	86,81	7,96	1,65	7,98
R	T	D0	Rodamina	82,86	16,64	-0,59	17,45
R	T	D0	Rodamina	85,36	12,10	1,00	12,26
R	T	D0	Rodamina	81,23	17,94	-2,63	19,72
R	T	D0	Rodamina	84,01	11,50	1,45	11,93
R	T	D0	Rodamina	83,41	15,12	0,10	16,23
R	T	D0	Rodamina	84,37	13,81	0,83	14,27
R	T	D0	Rodamina	77,13	25,41	-7,10	29,20
R	T	D0	Rodamina	87,12	6,08	2,41	6,13
R	T	D0	Limpa	84,54	2,55	4,70	0,28
R	T	D0	Limpa	86,49	1,97	4,19	0,74
R	T	D0	Limpa	85,68	2,16	4,62	0,18
R	T	D0	Limpa	84,50	2,46	4,08	0,37
R	T	D0	Limpa	85,09	2,01	4,08	1,05
R	T	D0	Limpa	86,51	1,59	3,58	1,51
R	T	D0	Limpa	84,93	2,35	4,16	0,44
R	T	D0	Limpa	84,83	2,03	5,23	3,12
R	T	D0	Limpa	83,24	2,55	5,15	2,71
R	T	D0	Limpa	83,31	2,50	5,00	2,56
R	T	D0	Limpa	85,06	1,94	3,93	1,37
R	T	D0	Limpa	85,69	2,06	4,08	2,47
R	T	D0	Limpa	83,01	2,50	5,11	3,66
R	S	D0	Rodamina	75,80	25,05	-2,04	24,70
R	S	D0	Rodamina	78,74	23,55	-3,08	24,27
R	S	D0	Rodamina	74,94	32,08	-6,64	34,45
R	S	D0	Rodamina	71,81	37,01	-8,77	40,16
R	S	D0	Rodamina	74,58	26,13	-2,28	27,31
R	S	D0	Rodamina	77,82	23,98	-2,19	24,42
R	S	D0	Rodamina	73,41	33,86	-6,81	36,00
R	S	D0	Rodamina	77,99	25,15	-2,49	25,78
R	S	D0	Rodamina	71,12	39,02	-10,49	42,96
R	S	D0	Rodamina	73,54	34,69	-7,35	37,50
R	S	D0	Rodamina	73,56	33,97	-7,44	36,40

R	S	D0	Rodamina	79,20	21,74	-0,35	21,22
R	S	D0	Rodamina	69,21	32,93	-8,12	36,70
R	S	D0	Limpa	82,21	2,58	5,20	0,47
R	S	D0	Limpa	83,52	2,51	5,40	0,30
R	S	D0	Limpa	82,54	2,80	6,30	1,50
R	S	D0	Limpa	83,07	2,46	5,16	0,52
R	S	D0	Limpa	83,17	2,69	5,08	0,33
R	S	D0	Limpa	83,24	2,12	4,96	1,73
R	S	D0	Limpa	84,17	2,30	4,69	0,34
R	S	D0	Limpa	83,95	2,45	5,05	1,31
R	S	D0	Limpa	83,02	2,58	4,90	0,59
R	S	D0	Limpa	82,38	2,60	5,06	1,60
R	S	D0	Limpa	83,28	2,47	4,92	0,80
R	S	D0	Limpa	81,35	2,93	6,10	2,97
R	S	D0	Limpa	82,98	2,61	5,83	3,60
AP	T	D0	Rodamina	85,25	22,25	0,96	23,42
AP	T	D0	Rodamina	77,35	35,08	-4,11	38,53
AP	T	D0	Rodamina	79,45	31,88	-2,74	35,07
AP	T	D0	Rodamina	84,01	25,15	-0,72	26,66
AP	T	D0	Rodamina	85,99	20,40	0,55	21,17
AP	T	D0	Rodamina	89,38	9,88	1,90	9,85
AP	T	D0	Rodamina	82,22	28,19	-2,05	30,32
AP	T	D0	Rodamina	83,85	22,67	-0,54	24,13
AP	T	D0	Rodamina	73,78	40,66	-6,64	45,64
AP	T	D0	Rodamina	79,79	29,34	-3,03	32,00
AP	T	D0	Rodamina	88,22	14,67	1,31	15,01
AP	T	D0	Rodamina	85,27	13,02	1,81	14,74
AP	T	D0	Rodamina	81,41	30,75	-3,63	33,04
AP	T	D0	Limpa	94,04	0,28	2,64	0,58
AP	T	D0	Limpa	93,09	0,31	2,83	0,49
AP	T	D0	Limpa	93,53	0,27	2,88	0,50
AP	T	D0	Limpa	92,96	0,32	2,68	0,56
AP	T	D0	Limpa	93,41	0,39	2,77	0,66
AP	T	D0	Limpa	90,13	0,41	2,85	2,70
AP	T	D0	Limpa	93,34	0,30	3,14	3,23
AP	T	D0	Limpa	92,45	0,34	3,80	1,14
AP	T	D0	Limpa	92,53	0,30	3,58	2,18
AP	T	D0	Limpa	92,04	0,32	3,56	2,37
AP	T	D0	Limpa	93,10	0,31	3,46	1,14
AP	T	D0	Limpa	91,02	0,47	3,47	2,35
AP	T	D0	Limpa	91,86	0,38	4,05	2,30
AP	S	D0	Rodamina	70,11	46,86	-11,59	53,75
AP	S	D0	Rodamina	80,19	30,60	-2,98	33,24
AP	S	D0	Rodamina	71,42	44,46	-9,06	50,31
AP	S	D0	Rodamina	71,25	44,48	-9,80	50,89
AP	S	D0	Rodamina	69,65	46,23	-9,55	52,93
AP	S	D0	Rodamina	76,80	36,89	-3,42	39,55
AP	S	D0	Rodamina	78,32	30,11	-1,43	33,16

AP	S	D0	Rodamina	86,42	17,75	1,34	18,45
AP	S	D0	Rodamina	74,05	42,05	-6,74	46,44
AP	S	D0	Rodamina	73,26	38,20	-3,92	43,19
AP	S	D0	Rodamina	79,60	26,93	0,41	29,56
AP	S	D0	Rodamina	84,87	21,07	0,52	21,65
AP	S	D0	Rodamina	75,21	37,64	-7,55	42,83
AP	S	D0	Limpa	92,36	0,53	3,04	1,32
AP	S	D0	Limpa	90,46	0,50	3,12	0,17
AP	S	D0	Limpa	92,71	0,41	3,14	1,02
AP	S	D0	Limpa	91,28	0,49	3,10	5,29
AP	S	D0	Limpa	92,41	0,48	3,05	1,50
AP	S	D0	Limpa	91,55	0,48	2,62	3,02
AP	S	D0	Limpa	92,98	0,41	3,07	1,14
AP	S	D0	Limpa	90,93	0,48	3,13	0,74
AP	S	D0	Limpa	90,38	0,50	3,80	0,82
AP	S	D0	Limpa	92,62	0,41	3,39	0,40
AP	S	D0	Limpa	92,43	0,46	3,52	0,70
AP	S	D0	Limpa	89,72	0,56	3,03	0,91
AP	S	D0	Limpa	92,08	0,45	3,67	1,54

Dados calorimétricos dez dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D10			
				d10L	d10a	d10b	d10E
R	T	D0	Rodamina	91,48	3,62	3,33	3,96
R	T	D0	Rodamina	91,37	5,08	3,02	4,59
R	T	D0	Rodamina	92,17	3,97	2,89	3,98
R	T	D0	Rodamina	92,26	3,74	2,98	3,80
R	T	D0	Rodamina	92,57	3,05	2,96	3,48
R	T	D0	Rodamina	90,46	7,80	2,32	7,03
R	T	D0	Rodamina	92,61	2,85	2,93	3,75
R	T	D0	Rodamina	90,79	6,51	2,78	6,00
R	T	D0	Rodamina	90,73	4,19	3,12	3,90
R	T	D0	Rodamina	91,95	3,66	3,03	3,23
R	T	D0	Rodamina	92,29	3,82	3,05	3,85
R	T	D0	Rodamina	89,21	9,72	2,21	8,94
R	T	D0	Rodamina	92,51	2,24	3,40	2,90
R	T	D0	Limpa	87,95	2,56	5,18	3,37
R	T	D0	Limpa	90,67	1,89	4,19	3,67
R	T	D0	Limpa	88,63	2,15	5,09	3,02
R	T	D0	Limpa	88,90	2,29	4,50	4,66
R	T	D0	Limpa	88,50	2,14	4,42	2,49
R	T	D0	Limpa	88,86	1,50	3,59	1,16
R	T	D0	Limpa	88,24	2,55	4,44	3,74
R	T	D0	Limpa	89,59	1,64	4,74	2,09
R	T	D0	Limpa	88,36	2,13	4,87	2,66

R	T	D0	Limpa	88,83	2,07	4,35	3,23
R	T	D0	Limpa	89,71	1,80	4,24	3,53
R	T	D0	Limpa	90,73	1,45	3,47	2,76
R	T	D0	Limpa	89,90	1,84	4,34	3,67
R	S	D0	Rodamina	82,37	17,57	2,01	15,34
R	S	D0	Rodamina	83,95	18,20	-0,44	17,35
R	S	D0	Rodamina	80,88	26,36	-3,42	26,59
R	S	D0	Rodamina	79,15	27,11	-4,04	27,53
R	S	D0	Rodamina	80,42	18,18	2,87	17,10
R	S	D0	Rodamina	58,15	0,01	-3,03	28,85
R	S	D0	Rodamina	80,84	25,11	-2,87	24,79
R	S	D0	Rodamina	84,28	18,69	0,07	17,67
R	S	D0	Rodamina	78,59	31,42	-6,62	32,60
R	S	D0	Rodamina	81,98	23,85	-2,69	23,79
R	S	D0	Rodamina	80,65	22,70	-2,52	22,60
R	S	D0	Rodamina	83,15	16,42	2,07	14,77
R	S	D0	Rodamina	78,05	28,30	-3,06	28,13
R	S	D0	Limpa	85,22	2,68	5,50	2,99
R	S	D0	Limpa	86,65	2,58	5,55	3,00
R	S	D0	Limpa	86,01	2,68	5,41	3,06
R	S	D0	Limpa	85,46	2,69	5,79	2,92
R	S	D0	Limpa	86,04	2,69	5,39	2,81
R	S	D0	Limpa	86,41	2,05	4,66	1,66
R	S	D0	Limpa	87,05	2,28	4,99	2,96
R	S	D0	Limpa	87,56	2,32	5,13	2,83
R	S	D0	Limpa	86,51	2,57	4,98	3,81
R	S	D0	Limpa	86,14	2,55	5,09	2,34
R	S	D0	Limpa	86,33	2,41	4,63	3,33
R	S	D0	Limpa	86,45	2,29	5,06	2,65
R	S	D0	Limpa	88,98	1,84	4,49	3,25
AP	T	D0	Rodamina	91,71	12,88	2,92	12,64
AP	T	D0	Rodamina	88,77	17,50	3,07	17,58
AP	T	D0	Rodamina	89,21	17,39	2,95	17,69
AP	T	D0	Rodamina	91,81	12,29	2,72	12,03
AP	T	D0	Rodamina	91,81	10,91	2,65	10,53
AP	T	D0	Rodamina	92,17	6,56	2,71	6,09
AP	T	D0	Rodamina	91,50	12,33	2,72	12,10
AP	T	D0	Rodamina	92,23	10,57	2,93	10,14
AP	T	D0	Rodamina	87,79	20,44	2,16	20,76
AP	T	D0	Rodamina	90,97	13,10	2,61	12,74
AP	T	D0	Rodamina	93,79	7,54	2,98	7,15
AP	T	D0	Rodamina	93,18	6,53	2,75	6,10
AP	T	D0	Rodamina	92,42	11,48	2,52	11,09
AP	T	D0	Limpa	97,46	0,29	3,15	4,04
AP	T	D0	Limpa	96,79	0,25	3,17	3,92
AP	T	D0	Limpa	96,99	0,24	3,24	3,38
AP	T	D0	Limpa	97,25	0,24	3,05	3,86
AP	T	D0	Limpa	94,59	0,38	3,10	1,87

AP	T	D0	Limpa	92,03	0,38	3,13	0,95
AP	T	D0	Limpa	96,92	0,25	3,43	6,80
AP	T	D0	Limpa	95,43	0,33	4,12	3,18
AP	T	D0	Limpa	96,37	0,26	3,88	2,87
AP	T	D0	Limpa	96,77	0,21	3,80	3,01
AP	T	D0	Limpa	95,56	0,29	3,82	2,27
AP	T	D0	Limpa	93,76	0,51	3,75	1,29
AP	T	D0	Limpa	96,25	0,31	3,89	2,93
AP	S	D0	Rodamina	79,03	37,91	-4,30	40,66
AP	S	D0	Rodamina	86,71	22,25	1,72	22,72
AP	S	D0	Rodamina	78,88	37,59	-4,09	40,24
AP	S	D0	Rodamina	79,55	35,85	-4,02	38,66
AP	S	D0	Rodamina	77,65	36,97	-2,02	39,98
AP	S	D0	Rodamina	85,16	25,13	2,28	25,33
AP	S	D0	Rodamina	78,31	33,07	-1,40	35,83
AP	S	D0	Rodamina	92,53	10,21	2,76	9,91
AP	S	D0	Rodamina	83,81	29,15	0,80	30,03
AP	S	D0	Rodamina	85,63	21,48	4,10	22,41
AP	S	D0	Rodamina	88,00	15,62	4,65	15,98
AP	S	D0	Rodamina	92,16	10,91	2,93	10,54
AP	S	D0	Rodamina	87,31	20,33	2,26	20,99
AP	S	D0	Limpa	96,34	0,47	3,41	5,31
AP	S	D0	Limpa	94,57	0,46	3,35	3,98
AP	S	D0	Limpa	96,00	0,41	3,42	4,32
AP	S	D0	Limpa	94,99	0,47	3,48	9,01
AP	S	D0	Limpa	95,60	0,46	3,33	4,71
AP	S	D0	Limpa	95,16	0,45	3,00	6,62
AP	S	D0	Limpa	96,72	0,39	3,26	4,85
AP	S	D0	Limpa	94,60	0,43	3,45	4,43
AP	S	D0	Limpa	93,67	0,51	4,20	2,93
AP	S	D0	Limpa	96,17	0,40	3,67	3,70
AP	S	D0	Limpa	96,63	0,41	3,82	4,07
AP	S	D0	Limpa	95,22	0,47	3,26	4,63
AP	S	D0	Limpa	95,76	0,42	3,78	2,66

Dados calorimétricos onze dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D11			
				d11L	d11a	d11b	d11E
R	T	D0	Rodamina	87,93	3,44	3,15	2,75
R	T	D0	Rodamina	87,75	4,79	2,79	4,54
R	T	D0	Rodamina	88,32	3,43	2,73	3,11
R	T	D0	Rodamina	88,49	3,28	2,96	2,83
R	T	D0	Rodamina	89,16	2,68	2,61	2,15
R	T	D0	Rodamina	86,29	8,87	1,83	8,67
R	T	D0	Rodamina	89,27	2,48	2,81	1,78

R	T	D0	Rodamina	86,92	5,93	3,04	5,62
R	T	D0	Rodamina	88,14	3,41	2,95	2,79
R	T	D0	Rodamina	88,78	2,96	2,86	2,79
R	T	D0	Rodamina	88,63	3,52	2,85	2,98
R	T	D0	Rodamina	87,01	6,80	2,58	6,46
R	T	D0	Rodamina	89,15	2,05	3,06	1,62
R	T	D0	Limpa	84,58	2,48	4,71	0,20
R	T	D0	Limpa	86,97	1,77	3,92	0,18
R	T	D0	Limpa	85,22	2,13	4,85	0,58
R	T	D0	Limpa	85,10	2,32	4,44	0,88
R	T	D0	Limpa	85,83	1,91	4,08	0,35
R	T	D0	Limpa	86,81	1,49	3,37	1,15
R	T	D0	Limpa	84,57	2,44	4,14	0,23
R	T	D0	Limpa	86,30	1,58	4,38	1,39
R	T	D0	Limpa	84,33	2,37	4,86	1,58
R	T	D0	Limpa	84,57	2,14	4,09	1,07
R	T	D0	Limpa	86,12	1,75	3,91	0,51
R	T	D0	Limpa	87,59	1,62	3,47	0,46
R	T	D0	Limpa	85,96	1,85	4,04	0,49
R	S	D0	Rodamina	78,05	17,73	1,42	16,47
R	S	D0	Rodamina	81,12	15,73	0,65	15,44
R	S	D0	Rodamina	78,42	24,35	-2,84	25,27
R	S	D0	Rodamina	76,95	25,50	-3,67	26,61
R	S	D0	Rodamina	79,07	17,24	1,22	16,88
R	S	D0	Rodamina	81,95	15,10	1,41	14,12
R	S	D0	Rodamina	77,77	23,96	-2,84	24,53
R	S	D0	Rodamina	81,00	17,33	-0,02	17,06
R	S	D0	Rodamina	76,71	27,24	-4,83	28,82
R	S	D0	Rodamina	79,20	22,40	-2,46	23,15
R	S	D0	Rodamina	79,11	20,55	-2,44	21,06
R	S	D0	Rodamina	81,22	15,60	1,72	14,49
R	S	D0	Rodamina	76,61	25,67	-2,12	25,81
R	S	D0	Limpa	81,88	2,34	5,13	0,49
R	S	D0	Limpa	83,56	2,38	5,16	0,16
R	S	D0	Limpa	83,02	2,60	5,02	0,14
R	S	D0	Limpa	82,85	2,52	4,96	0,32
R	S	D0	Limpa	82,39	2,68	5,00	0,93
R	S	D0	Limpa	81,96	2,05	4,35	2,87
R	S	D0	Limpa	83,87	2,23	4,70	0,39
R	S	D0	Limpa	83,86	2,54	5,32	1,58
R	S	D0	Limpa	82,99	2,55	4,80	0,50
R	S	D0	Limpa	83,10	2,50	4,78	0,82
R	S	D0	Limpa	83,17	2,34	4,46	0,40
R	S	D0	Limpa	82,39	2,30	4,80	1,47
R	S	D0	Limpa	85,97	1,76	4,02	0,27
AP	T	D0	Rodamina	88,30	11,23	3,20	12,04
AP	T	D0	Rodamina	83,99	13,78	3,15	16,00
AP	T	D0	Rodamina	86,16	14,33	3,18	15,98

AP	T	D0	Rodamina	88,31	10,62	2,66	11,41
AP	T	D0	Rodamina	88,28	8,79	2,46	9,46
AP	T	D0	Rodamina	87,34	5,62	2,60	7,03
AP	T	D0	Rodamina	88,18	10,94	2,95	11,79
AP	T	D0	Rodamina	88,81	9,96	2,93	10,26
AP	T	D0	Rodamina	85,52	16,25	2,59	17,61
AP	T	D0	Rodamina	87,79	10,30	2,66	10,85
AP	T	D0	Rodamina	90,15	7,07	2,78	7,14
AP	T	D0	Rodamina	89,14	7,14	2,58	7,69
AP	T	D0	Rodamina	89,13	9,54	2,53	9,89
AP	T	D0	Limpa	88,23	0,46	2,77	5,27
AP	T	D0	Limpa	92,77	0,29	2,90	0,57
AP	T	D0	Limpa	92,99	0,29	3,02	0,94
AP	T	D0	Limpa	93,72	0,26	2,79	0,46
AP	T	D0	Limpa	93,22	0,31	2,97	0,55
AP	T	D0	Limpa	92,32	0,33	2,84	0,54
AP	T	D0	Limpa	92,27	0,34	3,20	2,21
AP	T	D0	Limpa	91,95	0,35	3,96	1,44
AP	T	D0	Limpa	92,34	0,29	3,66	2,38
AP	T	D0	Limpa	92,64	0,28	3,55	1,87
AP	T	D0	Limpa	92,68	0,29	3,54	1,47
AP	T	D0	Limpa	91,36	0,44	3,42	2,01
AP	T	D0	Limpa	90,32	0,40	3,40	3,42
AP	S	D0	Rodamina	76,13	34,98	-3,95	39,06
AP	S	D0	Rodamina	84,23	20,57	0,78	22,01
AP	S	D0	Rodamina	76,27	34,29	-4,02	38,22
AP	S	D0	Rodamina	76,39	33,99	-3,82	38,20
AP	S	D0	Rodamina	75,95	32,67	-1,21	36,72
AP	S	D0	Rodamina	82,63	21,57	2,37	22,68
AP	S	D0	Rodamina	77,91	27,67	0,27	30,97
AP	S	D0	Rodamina	89,29	8,60	2,50	8,82
AP	S	D0	Rodamina	81,71	25,41	1,57	27,16
AP	S	D0	Rodamina	82,91	18,88	3,98	21,11
AP	S	D0	Rodamina	85,40	13,90	4,18	15,27
AP	S	D0	Rodamina	89,12	9,14	2,62	8,91
AP	S	D0	Rodamina	85,43	16,39	2,65	18,00
AP	S	D0	Limpa	92,41	0,48	3,13	1,37
AP	S	D0	Limpa	90,60	0,53	3,22	0,20
AP	S	D0	Limpa	91,88	0,43	3,23	0,24
AP	S	D0	Limpa	92,11	0,44	3,02	6,11
AP	S	D0	Limpa	91,81	0,48	3,02	0,90
AP	S	D0	Limpa	89,42	0,51	2,73	0,89
AP	S	D0	Limpa	92,67	0,43	3,04	0,82
AP	S	D0	Limpa	91,00	0,49	3,08	0,80
AP	S	D0	Limpa	89,79	0,53	3,92	1,34
AP	S	D0	Limpa	92,39	0,41	3,48	0,50
AP	S	D0	Limpa	92,48	0,43	3,49	0,66
AP	S	D0	Limpa	90,24	0,52	3,10	0,44

AP	S	D0	Limpa	92,33	0,43	3,56	1,27
----	---	----	-------	-------	------	------	------

Dados calorimétricos quatorze dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D14			
				d14L	d14a	d14b	d14E
R	T	D0	Rodamina	88,60	2,02	3,16	1,24
R	T	D0	Rodamina	88,99	2,38	3,10	1,83
R	T	D0	Rodamina	89,17	1,89	2,83	1,36
R	T	D0	Rodamina	88,49	2,43	2,82	2,11
R	T	D0	Rodamina	89,07	1,67	2,74	1,36
R	T	D0	Rodamina	87,77	4,45	2,81	3,94
R	T	D0	Rodamina	89,68	1,47	2,71	0,78
R	T	D0	Rodamina	89,00	1,68	3,12	0,95
R	T	D0	Rodamina	88,42	1,71	3,12	1,13
R	T	D0	Rodamina	89,17	1,57	2,79	1,56
R	T	D0	Rodamina	88,76	1,92	2,94	1,58
R	T	D0	Rodamina	89,20	2,30	3,31	1,61
R	T	D0	Rodamina	89,53	1,29	2,90	0,79
R	T	D0	Limpa	84,58	2,50	4,79	0,21
R	T	D0	Limpa	87,46	1,80	3,62	0,48
R	T	D0	Limpa	84,99	2,17	4,74	0,74
R	T	D0	Limpa	84,71	2,36	4,29	0,49
R	T	D0	Limpa	85,91	1,97	4,11	0,35
R	T	D0	Limpa	88,09	1,41	3,49	0,52
R	T	D0	Limpa	85,20	2,36	4,06	0,72
R	T	D0	Limpa	87,23	1,39	3,86	0,43
R	T	D0	Limpa	85,09	2,08	4,47	0,70
R	T	D0	Limpa	84,87	2,10	3,99	0,76
R	T	D0	Limpa	86,70	1,71	3,94	0,65
R	T	D0	Limpa	87,21	1,65	3,48	0,81
R	T	D0	Limpa	86,49	1,74	3,93	0,30
R	S	D0	Rodamina	80,44	13,31	3,84	11,29
R	S	D0	Rodamina	83,27	10,29	2,05	9,43
R	S	D0	Rodamina	81,22	17,26	0,35	17,14
R	S	D0	Rodamina	79,15	18,32	0,01	18,43
R	S	D0	Rodamina	80,68	11,11	4,76	10,45
R	S	D0	Rodamina	81,96	9,57	3,22	8,78
R	S	D0	Rodamina	81,02	16,25	1,51	15,47
R	S	D0	Rodamina	83,72	9,72	2,99	8,57
R	S	D0	Rodamina	80,49	17,92	-0,18	17,89
R	S	D0	Rodamina	82,38	13,89	1,60	13,41
R	S	D0	Rodamina	80,62	13,91	1,29	13,64
R	S	D0	Rodamina	81,45	8,35	3,81	7,61
R	S	D0	Rodamina	79,89	16,19	1,98	15,13
R	S	D0	Limpa	81,92	2,45	5,26	0,51
R	S	D0	Limpa	83,35	2,48	5,13	0,33
R	S	D0	Limpa	83,21	2,47	4,54	0,43

R	S	D0	Limpa	83,61	2,42	4,48	0,93
R	S	D0	Limpa	84,20	2,51	4,56	1,04
R	S	D0	Limpa	84,26	1,84	4,27	0,57
R	S	D0	Limpa	84,05	2,21	4,49	0,23
R	S	D0	Limpa	84,28	2,40	4,98	1,04
R	S	D0	Limpa	83,42	2,44	4,56	0,72
R	S	D0	Limpa	84,12	2,28	4,42	0,31
R	S	D0	Limpa	84,57	2,22	4,29	1,55
R	S	D0	Limpa	84,33	2,22	4,92	0,56
R	S	D0	Limpa	86,24	1,77	3,87	0,44
AP	T	D0	Rodamina	89,99	7,15	3,23	7,64
AP	T	D0	Rodamina	87,77	7,65	2,99	8,80
AP	T	D0	Rodamina	89,44	8,70	3,39	9,49
AP	T	D0	Rodamina	90,20	6,46	2,74	6,84
AP	T	D0	Rodamina	88,87	5,14	2,76	6,08
AP	T	D0	Rodamina	89,97	3,33	2,79	3,58
AP	T	D0	Rodamina	89,09	6,93	3,09	7,86
AP	T	D0	Rodamina	90,16	6,48	3,09	6,53
AP	T	D0	Rodamina	88,61	9,13	3,32	9,88
AP	T	D0	Rodamina	90,07	6,11	2,94	6,11
AP	T	D0	Rodamina	91,82	3,46	2,78	3,18
AP	T	D0	Rodamina	91,34	3,51	2,83	3,45
AP	T	D0	Rodamina	91,12	5,39	2,81	5,30
AP	T	D0	Limpa	93,81	0,30	2,78	0,47
AP	T	D0	Limpa	93,09	0,29	2,85	0,51
AP	T	D0	Limpa	92,93	0,30	2,91	0,93
AP	T	D0	Limpa	93,84	0,30	2,72	0,49
AP	T	D0	Limpa	92,12	0,36	2,76	0,66
AP	T	D0	Limpa	91,52	0,38	2,83	1,31
AP	T	D0	Limpa	93,33	0,29	3,06	3,20
AP	T	D0	Limpa	92,36	0,36	3,73	1,09
AP	T	D0	Limpa	92,79	0,31	3,49	1,93
AP	T	D0	Limpa	92,69	0,30	3,34	1,70
AP	T	D0	Limpa	93,36	0,29	3,39	0,97
AP	T	D0	Limpa	92,72	0,48	3,54	1,06
AP	T	D0	Limpa	92,16	0,37	3,50	1,74
AP	S	D0	Rodamina	81,63	24,09	1,16	26,33
AP	S	D0	Rodamina	85,48	15,93	2,63	17,16
AP	S	D0	Rodamina	81,10	25,83	-0,05	28,03
AP	S	D0	Rodamina	81,96	23,71	0,67	26,02
AP	S	D0	Rodamina	81,77	21,59	3,30	23,97
AP	S	D0	Rodamina	85,82	14,46	4,18	14,97
AP	S	D0	Rodamina	82,79	18,18	3,11	20,19
AP	S	D0	Rodamina	90,01	6,03	2,69	6,16
AP	S	D0	Rodamina	85,23	17,82	3,55	18,77
AP	S	D0	Rodamina	85,85	12,87	5,16	14,58
AP	S	D0	Rodamina	87,42	9,03	4,51	10,11
AP	S	D0	Rodamina	90,36	5,50	2,87	5,12

AP	S	D0	Rodamina	89,33	7,87	3,48	8,68
AP	S	D0	Limpa	92,29	0,48	3,11	1,25
AP	S	D0	Limpa	90,52	0,53	3,33	0,32
AP	S	D0	Limpa	92,43	0,42	3,16	0,74
AP	S	D0	Limpa	91,70	0,49	3,09	5,70
AP	S	D0	Limpa	91,99	0,45	2,97	1,08
AP	S	D0	Limpa	88,53	0,56	2,71	0,17
AP	S	D0	Limpa	92,92	0,42	2,99	1,06
AP	S	D0	Limpa	90,61	0,46	3,12	0,42
AP	S	D0	Limpa	90,01	0,52	3,81	1,10
AP	S	D0	Limpa	92,58	0,42	3,34	0,34
AP	S	D0	Limpa	92,61	0,44	3,47	0,62
AP	S	D0	Limpa	91,32	0,49	3,08	0,75
AP	S	D0	Limpa	92,16	0,45	3,56	1,40

Dados calorimétricos dezesete dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D17			
				d17L	d17a	d17b	d17E
R	T	D0	Rodamina	88,58	1,60	3,22	0,89
R	T	D0	Rodamina	89,40	1,77	3,14	1,12
R	T	D0	Rodamina	89,21	1,58	2,78	1,08
R	T	D0	Rodamina	89,23	1,45	2,71	0,90
R	T	D0	Rodamina	89,55	1,24	2,72	0,73
R	T	D0	Rodamina	87,41	3,03	3,17	2,95
R	T	D0	Rodamina	89,51	1,22	2,74	0,51
R	T	D0	Rodamina	88,73	1,76	3,24	1,10
R	T	D0	Rodamina	89,29	1,32	3,04	0,70
R	T	D0	Rodamina	88,95	1,45	2,90	1,70
R	T	D0	Rodamina	89,08	1,66	2,98	1,17
R	T	D0	Rodamina	88,95	1,99	3,19	1,34
R	T	D0	Rodamina	89,73	1,16	2,86	0,56
R	T	D0	Limpa	84,66	2,51	4,88	0,25
R	T	D0	Limpa	87,03	1,70	3,91	0,13
R	T	D0	Limpa	84,61	2,28	4,57	1,10
R	T	D0	Limpa	85,38	2,10	4,25	1,14
R	T	D0	Limpa	85,45	2,09	4,15	0,77
R	T	D0	Limpa	87,18	1,47	3,23	0,76
R	T	D0	Limpa	85,15	2,30	4,16	0,64
R	T	D0	Limpa	86,31	1,55	4,33	1,36
R	T	D0	Limpa	84,32	2,26	4,68	1,51
R	T	D0	Limpa	85,80	2,01	4,01	0,19
R	T	D0	Limpa	86,68	1,78	3,71	0,54
R	T	D0	Limpa	87,07	1,65	3,52	0,95
R	T	D0	Limpa	86,28	1,90	4,01	0,36
R	S	D0	Rodamina	80,95	9,82	4,83	7,81

R	S	D0	Rodamina	83,56	7,90	3,41	6,95
R	S	D0	Rodamina	82,05	15,06	1,75	14,59
R	S	D0	Rodamina	79,98	17,95	0,67	17,65
R	S	D0	Rodamina	79,22	11,28	5,95	11,49
R	S	D0	Rodamina	82,73	7,66	3,68	6,70
R	S	D0	Rodamina	81,52	13,86	2,29	12,96
R	S	D0	Rodamina	85,03	5,90	3,71	4,48
R	S	D0	Rodamina	82,02	14,10	1,47	13,53
R	S	D0	Rodamina	83,41	9,96	2,92	9,25
R	S	D0	Rodamina	81,44	11,35	2,04	10,89
R	S	D0	Rodamina	83,97	5,30	4,07	3,71
R	S	D0	Rodamina	80,82	9,27	3,94	8,13
R	S	D0	Limpa	82,65	2,31	5,01	0,45
R	S	D0	Limpa	83,24	2,58	5,10	0,46
R	S	D0	Limpa	82,61	2,44	4,64	0,48
R	S	D0	Limpa	82,39	2,59	4,91	0,49
R	S	D0	Limpa	83,37	2,49	4,52	0,52
R	S	D0	Limpa	86,10	1,67	4,01	1,33
R	S	D0	Limpa	84,02	2,22	4,56	0,25
R	S	D0	Limpa	84,06	2,30	4,85	1,07
R	S	D0	Limpa	83,35	2,45	4,50	0,66
R	S	D0	Limpa	83,89	2,36	4,55	0,12
R	S	D0	Limpa	84,45	2,19	4,55	1,44
R	S	D0	Limpa	83,13	2,36	4,29	0,90
R	S	D0	Limpa	86,44	1,75	3,86	0,64
AP	T	D0	Rodamina	90,11	6,09	3,57	6,70
AP	T	D0	Rodamina	89,79	6,34	3,16	6,67
AP	T	D0	Rodamina	89,93	7,12	3,30	7,87
AP	T	D0	Rodamina	90,57	5,39	2,81	5,72
AP	T	D0	Rodamina	90,74	4,20	3,07	4,28
AP	T	D0	Rodamina	91,09	2,64	3,08	2,42
AP	T	D0	Rodamina	90,35	5,57	3,12	6,04
AP	T	D0	Rodamina	90,59	4,88	3,05	4,89
AP	T	D0	Rodamina	89,21	7,48	3,43	8,16
AP	T	D0	Rodamina	89,64	5,00	3,00	5,31
AP	T	D0	Rodamina	91,69	2,71	2,90	2,53
AP	T	D0	Rodamina	91,20	2,97	3,11	3,08
AP	T	D0	Rodamina	91,33	4,82	2,96	4,71
AP	T	D0	Limpa	93,56	0,33	2,75	0,32
AP	T	D0	Limpa	92,81	0,31	2,84	0,51
AP	T	D0	Limpa	92,99	0,29	2,93	0,89
AP	T	D0	Limpa	93,54	0,30	2,77	0,36
AP	T	D0	Limpa	92,21	0,37	2,88	0,60
AP	T	D0	Limpa	92,57	0,34	2,94	0,42
AP	T	D0	Limpa	92,96	0,31	3,05	2,84
AP	T	D0	Limpa	91,74	0,36	3,58	1,25
AP	T	D0	Limpa	92,24	0,32	3,60	2,41
AP	T	D0	Limpa	92,60	0,30	3,33	1,77

AP	T	D0	Limpa	93,17	0,30	3,38	1,04
AP	T	D0	Limpa	92,25	0,49	3,60	1,38
AP	T	D0	Limpa	91,87	0,36	3,55	2,01
AP	S	D0	Rodamina	83,11	19,98	2,00	21,95
AP	S	D0	Rodamina	87,16	12,09	3,05	12,96
AP	S	D0	Rodamina	83,49	20,44	1,18	22,03
AP	S	D0	Rodamina	83,99	19,07	1,41	20,91
AP	S	D0	Rodamina	84,17	16,39	3,82	18,27
AP	S	D0	Rodamina	86,39	11,62	4,04	12,12
AP	S	D0	Rodamina	85,49	12,55	3,48	13,96
AP	S	D0	Rodamina	89,98	5,11	2,92	5,33
AP	S	D0	Rodamina	86,83	13,11	3,89	13,84
AP	S	D0	Rodamina	86,93	10,06	4,77	11,58
AP	S	D0	Rodamina	88,15	7,16	4,21	8,10
AP	S	D0	Rodamina	90,77	4,54	2,92	4,12
AP	S	D0	Rodamina	89,95	6,08	3,60	6,85
AP	S	D0	Limpa	92,28	0,46	3,11	1,24
AP	S	D0	Limpa	89,18	0,58	3,53	1,51
AP	S	D0	Limpa	92,35	0,43	3,13	0,66
AP	S	D0	Limpa	91,37	0,47	3,11	5,37
AP	S	D0	Limpa	91,81	0,48	3,01	0,90
AP	S	D0	Limpa	89,73	0,53	2,69	1,20
AP	S	D0	Limpa	92,73	0,43	2,97	0,86
AP	S	D0	Limpa	90,55	0,50	3,07	0,35
AP	S	D0	Limpa	90,18	0,51	3,60	0,84
AP	S	D0	Limpa	92,34	0,43	3,32	0,36
AP	S	D0	Limpa	92,39	0,43	3,50	0,70
AP	S	D0	Limpa	92,30	0,45	3,02	1,70
AP	S	D0	Limpa	92,21	0,44	3,42	1,29

Dados calorimétricos vinte e quatro dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D24			
				d24L	d24a	d24b	d24E
R	T	D0	Rodamina	88,97	1,29	3,14	0,62
R	T	D0	Rodamina	86,91	0,87	2,95	2,92
R	T	D0	Rodamina	89,32	1,21	2,81	0,73
R	T	D0	Rodamina	89,24	1,52	2,75	0,94
R	T	D0	Rodamina	89,68	1,01	2,63	0,46
R	T	D0	Rodamina	87,46	2,29	3,03	2,42
R	T	D0	Rodamina	89,71	1,09	2,55	0,51
R	T	D0	Rodamina	89,38	1,42	3,10	0,73
R	T	D0	Rodamina	89,64	1,15	3,06	0,83
R	T	D0	Rodamina	88,96	1,38	2,89	1,66
R	T	D0	Rodamina	88,97	1,40	2,85	1,09
R	T	D0	Rodamina	88,30	1,55	3,08	1,36

R	T	D0	Rodamina	89,94	1,05	2,76	0,37
R	T	D0	Limpa	84,53	2,52	4,79	0,24
R	T	D0	Limpa	86,72	2,03	4,16	0,60
R	T	D0	Limpa	85,53	2,17	4,49	0,22
R	T	D0	Limpa	84,96	2,29	4,39	0,73
R	T	D0	Limpa	85,44	2,05	4,10	0,75
R	T	D0	Limpa	86,89	1,55	3,55	1,15
R	T	D0	Limpa	85,36	2,30	4,01	0,89
R	T	D0	Limpa	87,21	1,56	3,99	0,45
R	T	D0	Limpa	85,00	2,12	4,51	0,80
R	T	D0	Limpa	85,23	1,98	4,00	0,38
R	T	D0	Limpa	86,18	1,77	3,94	0,53
R	T	D0	Limpa	87,16	1,56	3,42	0,83
R	T	D0	Limpa	86,47	1,85	3,76	0,24
R	S	D0	Rodamina	82,51	5,21	4,98	3,01
R	S	D0	Rodamina	84,10	4,16	3,69	3,44
R	S	D0	Rodamina	83,35	6,17	3,10	5,93
R	S	D0	Rodamina	84,05	6,60	3,65	5,29
R	S	D0	Rodamina	82,53	5,04	5,80	4,73
R	S	D0	Rodamina	83,34	4,02	4,36	3,49
R	S	D0	Rodamina	83,79	6,34	4,02	5,08
R	S	D0	Rodamina	85,85	3,85	3,78	2,32
R	S	D0	Rodamina	83,23	10,21	2,92	9,31
R	S	D0	Rodamina	84,64	5,08	3,91	4,33
R	S	D0	Rodamina	84,23	6,22	3,75	4,94
R	S	D0	Rodamina	84,32	4,83	4,07	3,13
R	S	D0	Rodamina	83,56	4,70	4,35	2,86
R	S	D0	Limpa	82,09	2,46	5,01	0,46
R	S	D0	Limpa	83,14	2,69	5,30	0,60
R	S	D0	Limpa	82,72	2,76	4,77	0,40
R	S	D0	Limpa	83,44	2,42	4,42	0,80
R	S	D0	Limpa	82,94	2,54	4,76	0,46
R	S	D0	Limpa	82,09	2,06	4,11	2,75
R	S	D0	Limpa	84,15	2,18	4,31	0,27
R	S	D0	Limpa	84,34	2,35	4,86	0,89
R	S	D0	Limpa	83,62	2,47	4,57	0,92
R	S	D0	Limpa	83,28	2,39	4,66	0,61
R	S	D0	Limpa	84,43	2,23	4,30	1,41
R	S	D0	Limpa	82,50	2,41	4,86	1,39
R	S	D0	Limpa	86,36	1,74	3,78	0,55
AP	T	D0	Rodamina	91,15	5,14	3,16	5,33
AP	T	D0	Rodamina	89,08	5,42	2,70	6,22
AP	T	D0	Rodamina	90,72	6,56	3,03	6,98
AP	T	D0	Rodamina	91,36	4,54	2,69	4,61
AP	T	D0	Rodamina	90,52	3,46	2,87	3,75
AP	T	D0	Rodamina	91,37	2,17	2,97	1,86
AP	T	D0	Rodamina	90,09	4,98	3,00	5,68
AP	T	D0	Rodamina	91,20	3,64	2,90	3,50

AP	T	D0	Rodamina	89,23	6,16	3,13	7,01
AP	T	D0	Rodamina	90,83	4,31	2,97	4,17
AP	T	D0	Rodamina	92,17	2,49	2,85	2,15
AP	T	D0	Rodamina	90,98	2,37	3,11	2,75
AP	T	D0	Rodamina	91,91	3,58	2,77	3,34
AP	T	D0	Limpa	93,87	0,32	2,77	0,50
AP	T	D0	Limpa	92,94	0,30	2,79	0,43
AP	T	D0	Limpa	93,37	0,29	2,82	0,53
AP	T	D0	Limpa	93,92	0,28	2,68	0,53
AP	T	D0	Limpa	92,98	0,32	2,75	0,23
AP	T	D0	Limpa	92,90	0,33	2,77	0,19
AP	T	D0	Limpa	93,21	0,30	3,11	3,09
AP	T	D0	Limpa	92,08	0,38	3,79	1,23
AP	T	D0	Limpa	92,13	0,35	3,49	2,43
AP	T	D0	Limpa	93,32	0,27	3,32	1,21
AP	T	D0	Limpa	93,22	0,30	3,24	0,89
AP	T	D0	Limpa	92,52	0,49	3,47	1,11
AP	T	D0	Limpa	92,63	0,34	3,65	1,47
AP	S	D0	Rodamina	85,45	17,55	1,99	18,76
AP	S	D0	Rodamina	88,96	8,69	2,81	9,12
AP	S	D0	Rodamina	84,11	21,82	-0,15	23,21
AP	S	D0	Rodamina	83,64	22,89	-0,61	24,73
AP	S	D0	Rodamina	83,90	20,60	2,23	22,17
AP	S	D0	Rodamina	87,19	14,96	3,37	14,97
AP	S	D0	Rodamina	88,14	9,00	3,18	9,58
AP	S	D0	Rodamina	91,53	2,83	2,92	2,65
AP	S	D0	Rodamina	86,36	17,61	2,36	18,19
AP	S	D0	Rodamina	86,70	14,37	4,44	15,44
AP	S	D0	Rodamina	89,90	5,27	3,96	5,61
AP	S	D0	Rodamina	91,99	3,27	2,94	3,00
AP	S	D0	Rodamina	90,90	5,15	3,36	5,55
AP	S	D0	Limpa	92,17	0,50	3,16	1,14
AP	S	D0	Limpa	89,83	0,60	3,44	0,88
AP	S	D0	Limpa	92,82	0,44	3,06	1,13
AP	S	D0	Limpa	92,31	0,45	3,00	6,31
AP	S	D0	Limpa	92,31	0,46	2,98	1,40
AP	S	D0	Limpa	91,51	0,48	2,70	2,97
AP	S	D0	Limpa	92,81	0,44	3,03	0,96
AP	S	D0	Limpa	91,11	0,52	3,08	0,92
AP	S	D0	Limpa	90,72	0,52	3,62	0,47
AP	S	D0	Limpa	92,75	0,43	3,24	0,32
AP	S	D0	Limpa	92,83	0,45	3,36	0,53
AP	S	D0	Limpa	90,30	0,54	2,98	0,34
AP	S	D0	Limpa	92,05	0,45	3,38	1,40

Dados calorimétricos quarenta e seis dias após o manchamento

Argamassa	Dióxido de titânio (T=com/S=sem)	Dias	Manchamento	D46			
				d46L	d46a	d46b	d46E
R	T	D0	Rodamina	84,33	2,58	4,80	5,13
R	T	D0	Rodamina	86,72	1,97	3,95	3,47
R	T	D0	Rodamina	84,89	2,28	4,50	5,47
R	T	D0	Rodamina	84,85	2,26	4,29	5,42
R	T	D0	Rodamina	85,12	2,12	4,11	5,34
R	T	D0	Rodamina	87,51	1,53	3,20	2,03
R	T	D0	Rodamina	84,57	2,38	4,14	5,39
R	T	D0	Rodamina	86,07	1,68	4,22	3,40
R	T	D0	Rodamina	83,88	2,27	4,74	5,60
R	T	D0	Rodamina	83,83	2,27	4,11	6,97
R	T	D0	Rodamina	85,71	1,85	4,10	4,46
R	T	D0	Rodamina	86,85	1,69	3,46	2,77
R	T	D0	Rodamina	85,31	1,99	4,01	5,07
R	T	D0	Limpa	92,74	1,43	3,07	8,34
R	T	D0	Limpa	91,31	1,56	2,96	4,37
R	T	D0	Limpa	92,31	1,79	3,14	6,78
R	T	D0	Limpa	92,19	1,50	2,96	8,06
R	T	D0	Limpa	91,93	0,97	2,92	5,97
R	T	D0	Limpa	90,84	1,12	3,11	2,96
R	T	D0	Limpa	91,96	1,68	3,13	7,55
R	T	D0	Limpa	91,79	1,19	3,13	4,26
R	T	D0	Limpa	91,07	1,62	3,44	5,40
R	T	D0	Limpa	91,47	1,42	3,20	5,94
R	T	D0	Limpa	91,12	0,85	3,19	4,90
R	T	D0	Limpa	91,08	2,19	3,48	3,23
R	T	D0	Limpa	92,00	1,23	3,14	5,76
R	S	D0	Rodamina	92,98	0,32	2,93	9,86
R	S	D0	Rodamina	92,43	0,33	2,80	6,31
R	S	D0	Rodamina	93,00	0,30	2,73	6,31
R	S	D0	Rodamina	93,22	0,31	2,63	7,49
R	S	D0	Rodamina	92,42	0,34	2,78	7,14
R	S	D0	Rodamina	92,59	0,35	2,82	6,81
R	S	D0	Rodamina	92,56	0,36	2,92	6,89
R	S	D0	Rodamina	91,35	0,41	3,55	5,38
R	S	D0	Rodamina	91,83	0,39	3,23	5,35
R	S	D0	Rodamina	92,47	0,35	3,05	5,58
R	S	D0	Rodamina	92,19	0,36	3,07	6,19
R	S	D0	Rodamina	92,31	0,45	3,29	6,90
R	S	D0	Rodamina	92,10	0,38	3,50	8,02
R	S	D0	Limpa	88,53	9,26	2,37	9,90
R	S	D0	Limpa	89,41	7,87	2,24	8,39
R	S	D0	Limpa	90,06	6,79	2,52	8,59

R	S	D0	Limpa	88,69	10,51	1,63	10,64
R	S	D0	Limpa	87,89	11,04	2,21	10,20
R	S	D0	Limpa	88,84	10,73	2,95	9,98
R	S	D0	Limpa	86,96	10,58	3,03	9,16
R	S	D0	Limpa	91,56	3,22	3,44	6,84
R	S	D0	Limpa	89,75	7,40	3,08	8,85
R	S	D0	Limpa	88,51	8,70	4,89	7,95
R	S	D0	Limpa	87,00	9,05	5,58	8,20
R	S	D0	Limpa	90,94	5,34	3,23	7,99
R	S	D0	Limpa	91,27	3,31	4,02	5,70
AP	T	D0	Rodamina	91,73	0,52	3,07	1,79
AP	T	D0	Rodamina	90,58	0,54	3,40	2,31
AP	T	D0	Rodamina	92,27	0,44	2,95	1,59
AP	T	D0	Rodamina	91,83	0,48	2,92	1,53
AP	T	D0	Rodamina	91,81	0,46	2,91	0,93
AP	T	D0	Rodamina	91,16	0,50	2,83	0,97
AP	T	D0	Rodamina	92,39	0,45	2,96	1,09
AP	T	D0	Rodamina	90,34	0,55	3,04	2,27
AP	T	D0	Rodamina	89,85	0,55	3,38	3,43
AP	T	D0	Rodamina	91,57	0,49	3,14	0,94
AP	T	D0	Rodamina	91,73	0,48	3,23	1,22
AP	T	D0	Rodamina	88,42	0,61	3,10	4,50
AP	T	D0	Rodamina	91,70	0,48	3,27	1,40
AP	T	D0	Limpa	82,94	5,03	4,97	11,84
AP	T	D0	Limpa	85,53	3,02	3,77	8,03
AP	T	D0	Limpa	85,80	2,81	3,33	8,36
AP	T	D0	Limpa	84,37	4,45	4,09	10,12
AP	T	D0	Limpa	83,52	5,19	7,18	11,39
AP	T	D0	Limpa	84,46	3,83	4,20	9,19
AP	T	D0	Limpa	82,87	5,89	3,75	9,25
AP	T	D0	Limpa	85,09	3,18	4,35	8,19
AP	T	D0	Limpa	84,70	6,38	3,97	11,28
AP	T	D0	Limpa	84,69	5,09	4,03	10,72
AP	T	D0	Limpa	85,12	3,72	3,31	9,27
AP	T	D0	Limpa	85,12	2,87	4,20	8,61
AP	T	D0	Limpa	84,10	2,90	4,37	10,05
AP	S	D0	Rodamina	81,51	2,42	4,97	11,78
AP	S	D0	Rodamina	82,92	2,60	4,84	10,19
AP	S	D0	Rodamina	82,73	2,71	4,77	10,09
AP	S	D0	Rodamina	82,67	2,48	4,36	10,78
AP	S	D0	Rodamina	83,06	2,61	4,84	10,18
AP	S	D0	Rodamina	84,21	2,14	4,15	7,12
AP	S	D0	Rodamina	83,68	2,27	4,45	8,91
AP	S	D0	Rodamina	83,01	2,59	5,23	9,86
AP	S	D0	Rodamina	81,98	2,70	4,89	10,66
AP	S	D0	Rodamina	82,57	2,39	4,46	10,66
AP	S	D0	Rodamina	84,28	2,23	4,35	8,35
AP	S	D0	Rodamina	83,47	2,41	4,82	8,08

AP	S	D0	Rodamina	85,22	1,93	4,01	8,51
AP	S	D0	Limpa	88,58	1,12	3,09	2,55
AP	S	D0	Limpa	88,98	1,40	3,15	1,85
AP	S	D0	Limpa	88,77	1,04	2,91	2,98
AP	S	D0	Limpa	88,68	1,20	2,89	2,75
AP	S	D0	Limpa	89,66	0,95	2,84	1,34
AP	S	D0	Limpa	88,52	1,63	3,25	1,13
AP	S	D0	Limpa	89,38	0,93	2,78	2,56
AP	S	D0	Limpa	89,19	1,08	3,04	1,15
AP	S	D0	Limpa	88,89	1,11	3,16	2,11
AP	S	D0	Limpa	89,61	0,99	2,67	2,98
AP	S	D0	Limpa	89,52	1,14	2,99	3,22
AP	S	D0	Limpa	89,20	1,15	3,07	1,55
AP	S	D0	Limpa	89,41	1,06	2,90	3,96