

ALLANA MINEKO OKAMOTO

RODRIGO KENJI HATADA

Estudo de argamassa polimérica monocomponente para impermeabilização:
ensaio e análise

Allana Mineko Okamoto
Rodrigo Kenji Hatada

Estudo de argamassa polimérica monocomponente para impermeabilização:
ensaio e análise

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Márcia Regina de Freitas

O41e	<p>Okamoto, Allana Mineko</p> <p>Estudo de argamassa polimérica monocomponente para impermeabilização: ensaio e análise / Allana Mineko Okamoto; Rodrigo Kenji Hatada – Guaratinguetá, 2020.</p> <p>76 f. : il.</p> <p>Bibliografia : f. 73-76</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.</p> <p>Orientadora: Profª Drª Márcia Regina de Freitas</p> <p>1. Argamassa. 2. Construção civil. 3. Infiltração. 4. Polímeros.</p> <p>I. Título.</p>
------	--

CDU 691.53

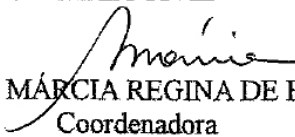
Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

ALLANA MINEKO OKAMOTO
RODRIGO KENJI HATADA

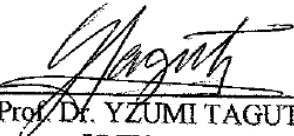
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

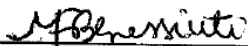
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof.^a Dra. MÀRCIA REGINA DE FREITAS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof.^a Dra. MÀRCIA REGINA DE FREITAS
Orientadora/UNESP-FEG


Prof. Dr. YZUMI TAGUTI
UNESP-FEG


Prof.^a Dra. MARIANA FERREIRA BENESSIUTI MOTTA
UNESP-FEG

Dezembro/2018

dedicamos este trabalho à nossa família. De modo especial, ao Gobo, Kika e Lilica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais *Aurora Okamoto, Nabor Okamoto, Paulo Hatada e Sandra Hatada*, que nos deram suporte em todos os momentos, que sempre trabalharam muito e se esforçaram ao máximo para não faltar nada em nossas vidas. Seremos eternamente gratos por todas as vezes que se deixaram de lado e nos colocaram como prioridade, tudo o que conseguimos até hoje é graças a vocês. Saibam que somos os filhos mais felizes do mundo e que vocês são os melhores pais desse universo,

aos nossos irmãos *Alicia Okamoto, Amanda Okamoto e Thiago Hatada*, que tiveram paciência quando nos encontrávamos em momentos de estresse,

aos amigos que nos acompanham desde a infância, aos que estudaram conosco para passar no vestibular, aos que torceram e vibraram nas nossas conquistas, aos que nos ajudaram nas matérias, aos que nos alegraram quando não estávamos bem, aos que nos acompanharam nos momentos de diversão, aos que estiveram ao nosso lado nos momentos difíceis, aos que passaram noites e madrugadas estudando conosco, aos que entenderam nossa ausência devido à realização deste trabalho, aos que podemos confiar e que queremos que a amizade dure eternamente,

à nossa orientadora, *Professora Doutora Márcia Regina de Freitas*, que nos indicou o caminho a seguir, nos acalmou em momentos de desespero, lecionou matérias importantes para a realização deste trabalho, nos ajudou a solucionar problemas e que tornou possível a conclusão deste ciclo na universidade,

ao técnico *Flávio Bernardes* que nos auxiliou nos ensaios aqui apresentados, tendo sua presença fundamental, pois sem ele grande parte deste trabalho não seria possível realizar,

ao *Professor Doutor Valdir Alves Guimarães* do departamento de materiais que nos deixou utilizar a máquina para o ensaio de tração,

ao aluno da pós graduação *Luis Felipe*, que se disponibilizou a nos acompanhar em todos os ensaios de tração, sua ajuda foi essencial para darmos continuidade aos ensaios. Agradecemos imensamente, grande parte deste trabalho não teria sido realizado sem sua ajuda,

ao *Valter* que nos auxiliou na confecção de todas as formas,

à *Priscila Freire e Cláudio Neves Ourives* que nos disponibilizaram o material necessário, bem como o tema deste trabalho. Agradecemos a confiança e paciência que demonstraram ao longo da pesquisa,

ao *Professor Doutor José Bento Ferreira*, que sempre se mostrou disposto a tirar nossas dúvidas, nos ajudando muito na realização deste trabalho,

aos demais professores que nos deram aula nesse curso, os quais temos um carinho enorme, que nos ensinaram matérias fundamentais à nossa formação como engenheiros civis,

à *FEG - UNESP*, que nos acolheu e fez esses anos de graduação serem muito especiais e inesquecíveis,

agradecemos um ao outro pela paciência, compreensão e união.

“Everyone knew it was impossible, until a fool
who didn't know came along and did it.”

Albert Einstein

RESUMO

Em estudos teóricos sobre patologias da construção civil, observa-se que a infiltração e umidade são manifestações patológicas recorrentes. Neste contexto, esta pesquisa tratará deste tema, inicialmente, de forma abrangente, abordando as soluções para evitar a ocorrência desses problemas, e em um estudo mais específico em laboratório, testar-se-á um produto que pode ser utilizado como alternativa para prevenir sua incidência. Assim, tem-se como objetivo avaliar o desempenho de uma argamassa polimérica monocomponente para impermeabilização, por meios de ensaios de resistência de ruptura à tração no alongamento, absorção de água e flexibilidade à baixa temperatura, verificando se os resultados atingem os mínimos exigidos em norma. Foram realizados ensaios de resistência de ruptura à tração no alongamento em sete argamassas poliméricas bicomponentes com o objetivo de avaliar a flexibilidade dos materiais e, assim, comparar com a argamassa monocomponente, visando classificá-lo como um impermeabilizante flexível ou semiflexível, de acordo com a classificação usual no mercado. As argamassas monocomponentes não são muito conhecidas e utilizadas como as bicomponentes, dessa forma, esse trabalho de graduação visará estudar seu comportamento em relação a algumas propriedades. Concluiu-se que a argamassa em estudo caracteriza-se como argamassa polimérica semiflexível, atendendo a NBR 15885 (Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização), quanto à flexibilidade à baixa temperatura, aderência e estanqueidade positiva, mas não atende quanto à tração no alongamento e absorção. Vale ressaltar que esta norma refere-se às membranas poliméricas e não às argamassas poliméricas, porém foi utilizada como adaptação por conter os requisitos das propriedades desejadas a serem observadas, que não foram encontradas em outra norma específica para o tipo de produto analisado. Não foi considerada neste trabalho, a aceitação do produto por outras normas. O estudo foi embasado em uma fundamentação teórica abrangente sobre argamassas industrializadas, incluindo as leituras e interpretações das normas pertinentes. Salienta-se que mais estudos devem ser realizados, analisando-se outros lotes da argamassa e outras normas.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassa polimérica. Argamassa monocomponente. Impermeabilização. Infiltração. Umidade. Patologias. Manifestação patológica.

ABSTRACT

In theoretical studies on civil construction pathologies, it is noted that infiltration and humidity are recurrent pathological manifestations. In this context, this research will initially deal with this issue in a comprehensive way, addressing the solutions to avoid the occurrence of these problems, and in a more specific study in the laboratory, will test a product that can be used as an alternative to prevent their incidence. The objective of this study was to evaluate the performance of a monocomponent polymer mortar for waterproofing, by means of tests of tensile strength in the elongation, water absorption and flexibility at low temperature, verifying if the results reach the minimum required in norm. Tests of tensile strength in the elongation were performed on seven bicomponent polymeric mortars in order to evaluate the flexibility of the materials and, therefore, to compare with the monocomponent mortar, targeting to classify it as a flexible or semi-flexible waterproofing according to usual market classification. The monocomponent mortars are not very well known and used as the bicomponentes, in this way, this graduation work will target to study their behavior in relation to some characteristics. It was concluded that the mortar under study is characterized as semi-flexible polymer mortar, according to NBR 15885 (Acrylic polymer membrane with or without cement, for waterproofing), as for flexibility at low temperature, adhesion and positive tightness, but does not meet how much to traction in stretching and absorption. It is worth noting that this standard refers to polymer membranes and not to polymeric mortars, but it was used as an adaptation because it contains the requirements of the desired properties to be observed, which were not found in another specific standard for the type of product analyzed. The study of the product by other standards was not considered in this work. The study was based on a comprehensive theoretical foundation on industrialized mortars, including the readings and interpretations of relevant standards. It should be noted that further studies should be carried out by analyzing other batches of mortar and other standards.

KEYWORDS: Polymeric mortar. Monocomponent mortar. Waterproofing. Infiltration. Humidity Pathologies. Pathological manifestation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Camadas do sistema genérico de impermeabilização não aderido	28
Figura 2 – Formas.....	43
Figura 3 – Preparação da argamassa polimérica monocomponente m1	44
Figura 4 – Ensaio de tração	47
Figura 5 – Dispositivos.....	48
Figura 6 – Ensaio de tração com a utilização de dois dispositivos	48
Figura 7 – Corpos de prova com tamanhos adaptados para a máquina de tração	49
Figura 8 – Ensaio de tração no alongamento.....	50
Figura 9 – Corpos de prova do ensaio de tração	50
Figura 10 – Moldagem dos corpos de prova da argamassa m1 do segundo lote	51
Figura 11 – Corpos de prova para o ensaio de absorção.....	51
Figura 12 – Corpos de prova	52
Figura 13 – Corpos de prova para o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, já deformados.....	53
Figura 14 – Corpo de prova da argamassa m1 posicionado na máquina utilizada no ensaio de flexibilidade à baixa temperatura	54
Figura 15 – Corpos de prova após o ensaio.....	54
Figura 16 – Detalhe do ensaio do corpo de prova para a temperatura de -10°C.....	55
Figura 17 – Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 1	64
Figura 18 – Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 2	64
Figura 19 – Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 3	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações da Argamassa Impermeabilizante Monocomponente m1	39
Tabela 2 - Requisitos de desempenho mínimo para membrana sem armadura.....	45
Tabela 3 - Argamassa monocomponente m1	56
Tabela 4 - Argamassa bicomponente b1.....	56
Tabela 5 - Argamassa bicomponente b2.....	57
Tabela 6 - Argamassa bicomponente b3.....	58
Tabela 7 - Argamassa bicomponente b4.....	58
Tabela 8 - Argamassa bicomponente b5.....	59
Tabela 9 - Argamassa bicomponente b6.....	59
Tabela 10 - Argamassa bicomponente b7	60
Tabela 11 - Pesagens dos corpos de prova conforme moldagem do item 4.2.1, na terceira tentativa	62
Tabela 12 - Porcentagem de absorção de água.....	63
Tabela 13 - Temperatura de 10°C	66
Tabela 14 - Temperatura de 5°C	66
Tabela 15 - Temperatura de 0°C	66
Tabela 16 - Temperatura de -5°C	67
Tabela 17 - Temperatura de -10°C	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	<i>Aluminum Composite Material</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
m1	Argamassa monocomponente em estudo
b1	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 1
b2	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 2
b3	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 3
b4	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 4
b5	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 5
b6	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 6
b7	Argamassa bicomponente em estudo, fabricante 7
Cp	Corpo de prova
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
mca	Metro de coluna d'água
NBR	Norma Brasileira
p1	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção antes de secar em forno, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa
p2	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção depois de secar em forno, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa
p3	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após 24h submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa
p4	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção no fim da primeira semana, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa
p5	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após mais duas semanas, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa
p6	Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após mais duas semanas, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa

p7 Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após mais duas semanas, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa

p8 Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após mais duas semanas, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa

p9 Peso do corpo de prova do ensaio de absorção após mais duas semanas, submerso em água deionizada, com o corpo de prova moldado conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa

PEAD Polietileno de Alta Densidade

PVC Policloreto de Vinila

TPO Termoplástico de Poliolefina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	16
2	OBJETIVO GERAL	18
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICO	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
3.1.1	Manifestações patológicas mais comuns e suas consequências	19
3.1.1.1	Atuação das águas nas edificações	24
3.1.1.2	Impermeabilização	26
3.1.2	Métodos preventivos no combate à infiltração e umidade	28
3.1.2.1	Tipos de impermeabilizantes	30
3.1.3	Exemplos de uso de métodos de remediação para combater a infiltração e umidade	34
3.2	ARGAMASSAS IMPERMEABILIZANTES.....	35
3.2.1	Argamassa preparada <i>in loco</i>	35
3.2.2	Argamassa industrializada	36
3.2.2.1	Argamassa bicomponente	38
3.2.2.2	Argamassa monocomponente.....	38
4	METODOLOGIA	39
4.1	ARGAMASSAS UTILIZADAS	39
4.2	PARTE EXPERIMENTAL	42
4.2.1	Moldagem dos corpos de prova da argamassa monocomponente m1	42
4.2.2	Ensaio realizados	44
4.2.2.1	Ensaio de resistência de ruptura à tração no alongamento	45
4.2.2.2	Ensaio de absorção de água	50
4.2.2.3	Ensaio de flexibilidade à baixa temperatura.....	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1	ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE RUPTURA À TRAÇÃO NO ALONGAMENTO	56
5.2	ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	62
5.2.1	Pesos dos corpos de prova	62

5.2.2	Absorção de água	63
5.3	ENSAIO DE FLEXIBILIDADE À BAIXA TEMPERATURA.....	65
5.4	DIFICULDADES ENCONTRADAS	67
6	CONCLUSÃO	69
6.1	SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTURAS	71
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais setores industriais do país e acompanha a economia e as necessidades da população. Isto pode ser notado, por exemplo, no fato de que as construtoras, devido à grande competição no mercado imobiliário, se veem forçadas a mudar itens das edificações para fazer adequações às necessidades do setor. Exemplos disso, são: diminuição de áreas dos apartamentos para melhorar o aproveitamento dos terrenos; a necessidade da construção de dois subsolos para as garagens, devido à crescente utilização de automóveis; a evolução tecnológica dos materiais, possibilitando estruturas cada vez mais leves e esbeltas; e a necessidade de execução em prazos cada vez menores. Esses fatores têm causado um aumento significativo de patologias nos edifícios que, junto com a mão de obra desqualificada, piora a qualidade das edificações (OLIVARI, 2003).

Os problemas existentes nas construções podem ser identificados com a presença de patologias (FRANÇA *et al.*, 2011), que estão aparecendo em períodos cada vez mais curtos, desde as primeiras etapas da construção das edificações, e isto continua sendo um desafio para a engenharia mesmo com a evolução da indústria da construção no campo das técnicas e dos materiais de construção (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Dentre as manifestações patológicas mais comuns estão a infiltração e umidade. As causas são diversas, às quais ainda se podem somar a falta de detalhamento e especificações nos projetos, uso impróprio dos materiais, baixa participação do engenheiro na execução da obra, mão de obra não treinada para o trabalho, falta de manutenção ou ausência de impermeabilização, entre outros inúmeros fatores de forma isolada ou atuando conjuntamente.

Pode-se observar que os problemas causados pela má ou falta de impermeabilização são recorrentes e precisam ser solucionados devido aos danos e prejuízos que provocam, como o comprometimento da durabilidade das edificações, da saúde e segurança do usuário, bem como o colapso da edificação. Neste sentido, Souza (2008) afirma que as manifestações patológicas ocasionadas pela umidade podem gerar elevados danos e gastos com recuperação e reparo, que poderiam ser evitados com medidas simples, preventivas. O autor observa que antigamente havia características construtivas dos edifícios que afastavam a água, como os beirais suspensos nos telhados, mas que atualmente novos segmentos estéticos aboliram alguns dispositivos, deixando o edifício mais propício a desenvolver patologias relacionadas à umidade.

Neste trabalho de graduação serão abordados métodos preventivos para combater essas manifestações patológicas, com enfoque nas argamassas impermeabilizantes e apresentando ensaios em laboratório para uma argamassa impermeabilizante monocomponente.

1.1 JUSTIFICATIVA

Após ser solicitado pelo fabricante de uma argamassa impermeabilizante monocomponente para analisar seu novo produto quanto à tração no alongamento, absorção de água e flexibilidade à baixa temperatura, além de classificar sua flexibilidade, foi proposto um estudo, partindo de ensaios em laboratório para verificar se atende aos requisitos mínimos exigidos em norma.

Visto que uma das maiores manifestações patológicas encontradas nas edificações é a infiltração e umidade, que conferem muitos danos à obra, um estudo de suas causas foi iniciado. Observou-se desde a falta de informação sobre o tema até a falsa ideia de economia, uma vez que, para se tratar o prejuízo causado, se gasta muito e há muito transtorno envolvido. Analisou-se a vasta gama de produtos a serem utilizados para o combate desses problemas, mas quase nada foi encontrado sobre argamassas impermeabilizantes monocomponente, que, devido às vantagens iniciais que possuem têm grande potencial para ajudar a diminuir as incidências de tais manifestações patológicas.

As referidas vantagens iniciais são:

- Facilidade no preparo;
- Redução do custo do transporte, pois não há transporte de líquidos, apenas o material em pó;
- Diminuição de desperdício em obra;
- Redução de problemas na qualidade e funcionalidade do produto devido a erros na sua preparação, uma vez que nas argamassas poliméricas impermeabilizantes bicomponentes há o perigo de ser adicionada água, um erro bastante grave. Já nas argamassas monocomponentes, o único componente a ser adicionado é a água.

Trata-se de algo não muito conhecido no mercado e nem na literatura, portanto identifica-se a necessidade de um estudo preliminar que analise seu comportamento, para que possa ser mais uma alternativa para combater a infiltração e umidade.

Os resultados dos ensaios foram comparados com os requisitos da NBR 15885 (ABNT, 2010), que é uma norma de membrana de polímero acrílico, pois não foi encontrada outra norma de argamassa polimérica impermeabilizante industrializada que possua os requisitos dos parâmetros estudados, além de ter sido recomendado pelo fabricante. Utilizou-se os métodos de ensaio da NBR 9952 (ABNT, 2014) para analisar a resistência de ruptura à tração no alongamento e flexibilidade à baixa temperatura, pois seu uso está indicado na NBR 15885 (ABNT, 2010), além de que não foram encontradas outras normas que analisem os mesmos parâmetros e que seja de argamassa polimérica impermeabilizante industrializada, mas por tratar-se de uma norma de manta asfáltica para impermeabilização foram necessárias algumas adaptações. Utilizou-se a norma ASTM D570-98 para o ensaio de absorção, pois além de seu uso estar indicado na NBR 15885, foi visto que outro fabricante de argamassa polimérica bicomponente impermeabilizante também seguiu o mesmo método de ensaio.

Tem-se conhecimento da NBR 11905 (ABNT, 2015) - Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização, mas que, no entanto, não contém os parâmetros desejados a serem analisados neste trabalho.

2 OBJETIVO GERAL

Realizar ensaios em laboratório para analisar e caracterizar uma argamassa polimérica impermeabilizante monocomponente e comparar sua flexibilidade com outras argamassas bicomponentes.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho de uma argamassa polimérica a base de cimento monocomponente para impermeabilização quanto a sua resistência de ruptura à tração no alongamento, absorção de água e flexibilidade à baixa temperatura;
- Verificar se os resultados atingem os valores mínimos exigidos em norma;
- Analisar, por meio do ensaio de resistência de ruptura à tração no alongamento, a flexibilidade de sete argamassas bicomponentes;
- Comparar os resultados do ensaio de tração das argamassas bicomponentes com os da monocomponente e caracterizar a flexibilidade desta, por meios dos alongamentos;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Patologias das Construções, segundo Carmona Filho (2009), é uma ciência que estuda os diversos problemas das edificações, possibilitando ter uma visão ampla do processo do edifício sob a ótica da segurança e durabilidade. Segundo Garcia e Libório (1998), essa ciência estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequência das situações em que as construções não apresentem um desempenho mínimo preestabelecido e que as patologias possuem várias causas e não apenas uma.

De acordo com França *et al.* (2011), há uma confusão no uso da palavra patologia, que na maioria das vezes é utilizada para se referir ao que na verdade deveria ser chamada de manifestação patológica. Patologia é uma ciência formada por um conjunto de teorias, e manifestação patológica é o mecanismo de degradação.

Essa ciência estuda os defeitos dos materiais, dos elementos, componentes ou da edificação. Diagnostica as causas, formas de manifestação, medidas de prevenção e recuperação. No Brasil é comum interferir apenas quando a obra coloca os usuários em risco, resultando em uma recuperação mais onerosa e trabalhosa. Quando se conhece os defeitos que uma construção pode apresentar, menor é a possibilidade de erros, sendo assim, indispensável o conhecimento de patologias nas edificações (SANTANA, 1993).

A importância dessa ciência, segundo Rocha, Kilpp e Kohler (2002), é devido ao potencial de ensinamentos obtidos pela análise dos problemas, evitando que ocorram e melhorando o controle de qualidade no processo de produção de edificações, uma vez que identifica as causas das patologias e adquire conhecimento para suas soluções.

Desde os primórdios da civilização que uma parte dos edifícios não apresenta um desempenho satisfatório e a preocupação com seus problemas é antiga, tendo nascido com o próprio ato de construir, porém estava restrita ao estudo de alguns problemas mais comuns, àqueles que provocavam falta de segurança estrutural (LICHTENSTEIN, 1986)

3.1.1 Manifestações patológicas mais comuns e suas consequências

Em uma inspeção realizada por Melo *et al.* (2010) em um edifício de cinco pavimentos com mais de 30 anos de construído, em Recife, foi observado que nas áreas internas dos apartamentos havia um grande número de patologias. Observou-se excesso de infiltração nas

paredes e tetos de quase todos os pavimentos, fissuras, desagregação de revestimento, abatimento de piso e oxidação de ferragens, bem como a falta de segurança e de atendimento às normas e recomendações da concessionária de energia em relação ao quadro de entrada de corrente.

Segundo Rocha, Kilpp e Kohler (2002) é grande a incidência de patologias em revestimentos de interiores e exteriores de edificações devido à argamassa de revestimento, onde são comuns a presença de manchas, deslocamentos, fissuras, desagregação e vesículas. Para Bauer (2016), essas manifestações patológicas, além de corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias e mudança de coloração de revestimentos, são as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade. Ainda segundo os primeiros autores, esses problemas podem ser provocados por vazamentos e infiltrações sobre os componentes de fundação, concreto armado e revestimento de argamassa, e seus efeitos são prejudiciais a outros elementos e componentes das edificações.

Levantaram-se as patologias existentes em fachadas de 30 edificações da Universidade Federal do Pará, construídas nas décadas de 70, 80, 90 e a partir dos anos 2000, por Carvalho, Picanço e Macedo (2014). Notou-se que 60% das edificações encontrava-se em um estado regular, com princípio de lesão mais grave; 23% foram classificadas como situação ruim, com prédios em péssimo estado de conservação e grandes extensões de patologias, que afetam o material de forma definitiva e deterioram esteticamente o sistema de revestimento; e cerca de 17% dos edifícios estavam em bom estado, com danos superficiais, sem risco de integridade. Foi observado que a maioria dos edifícios que se encontravam no estado regular e ruim, tinham uma idade antiga, fato provavelmente devido à falta de prevenção em período hábil contra a ocorrência de danos. Em contrapartida, os edifícios caracterizados em bom estado eram recentes, fato devido às reformas e ao menor tempo de vida útil. Ao analisar as manifestações patológicas presentes, constatou-se que as mais frequentes eram as fissuras, trincas, perda de aderência, descolamento, umidade e manchas. Posteriormente, em menor frequência, depósito de microrganismos, corrosão em estrutura de concreto armado e presença de vegetação.

Em um estudo realizado por Lima, Souza e Tibiriçá (2014) foi abordada a questão das vedações externas de uma edificação datada de 1950 e as principais manifestações patológicas que afetam o desempenho e durabilidade dos elementos construtivos, em Belo Horizonte – MG. Encontrou-se fissuração causada por movimentações térmica e higroscópica nas alvenarias, desprendimento de placas de revestimento, manchas por lavado de chuva,

impregnação de sujeira, esquadrias de madeira com apodrecimento por umidade, umidade descendente, empolamento e destacamento da pintura, deslocamento de reboco e surgimento de vegetação na superfície devido à umidade.

Foi observada, em um estudo feito por Costa Neto, Barboza e Santos (2010) sobre patologias em habitações horizontais de interesse social em Maceió, a alta incidência de fissuras, umidade, fossas e sumidouros estourados. As fissuras (encontradas nas configurações verticais, horizontais e inclinadas) e umidades (encontradas nas formas de infiltrações, respingos de água de chuva e umidade ascendente do solo por capilaridade) apareceram em todos os empreendimentos analisados, evidenciando falhas na etapa de projeto e execução. Constatou-se que nos projetos e nas especificações de serviços, não havia nenhum material de impermeabilização entre os elementos de fundação e alvenarias.

Ao estudar a influência das patologias dos revestimentos cerâmicos no desempenho e qualidade dos edifícios, foi observado por Simões, Temoche Esquivel e Xavier (1998), que a ocorrência de problemas e manifestações patológicas no revestimento cerâmico é devido à fase de projeto ou à produção e utilização dos mesmos. Em relação à fase do projeto, os problemas têm origem na especificação inadequada dos materiais que constituem a camada de revestimento, omissão de detalhes construtivos na execução da base, sub-base, detalhes de juntas, soleiras, rodapés, sistemas de impermeabilização e inclinação do piso. Na produção, os problemas são maiores e envolvem variáveis que muitas vezes não são controladas no canteiro de obras, como a qualidade do material, caderno de encargos e memorial descritivo adequados. Na utilização, os problemas são devidos ao uso inadequado não previsto no projeto. Observou-se que as principais patologias encontradas nos revestimentos cerâmicos de piso são: a perda de aderência, em que o fenômeno principal e gerador do deslocamento pode estar associado ao ritmo acelerado de execução do edifício; trincas, causadas pela deformação do subsistema de vedação ou da própria estrutura do edifício; gretamento e fissuras, devido às variações térmicas ou higroscópicas no revestimento; deterioração do rejuntamento, que ocorre através da perda de estanqueidade ou envelhecimento; e eflorescência, causada pela movimentação de água através de um material poroso.

Em uma investigação realizada por Antonelli, Carasek e Cascudo (2002), com a finalidade de observar a ocorrência de problemas patológicos nos sistemas de impermeabilização de lajes térreas de 50 edifícios habitados em Goiânia-GO, foi vista ineficiência da impermeabilização em 86% das edificações, 8% com fissuras no rodapé das paredes, na estrutura, falta de impermeabilização ou proteção mecânica da impermeabilização inadequada. Em relação às origens dos problemas de impermeabilização, observou-se que em

45% das edificações foram devidos à execução e fiscalização deficientes, tendo a mão de obra não qualificada como uma das causas, pois foram encontradas emendas de mantas mal executadas, arremates nos ralos, tubulações e juntas de dilatação com deficiências, substratos sem preparação para receber o impermeabilizante, aplicação do material em substratos úmidos, má execução da camada separadora entre a impermeabilização e proteção mecânica. Outra origem, responsável por 42% dos problemas, foi a falta de projeto ou não compatibilização com outros projetos do edifício, pois não havia impermeabilização nos lugares que deveriam ter, além de alguns materiais terem sido especificados incorretamente. Os materiais foram responsáveis por 5% das origens dos problemas, devido ao seu envelhecimento, perda de elasticidade e deterioração, e os outros 8% não tiveram a origem identificada. Considerou-se as causas como sendo os agentes iniciadores que efetivamente levam ao término da vida útil dos sistemas, apresentando manifestações patológicas. Concluiu-se que 60% dos edifícios tinham fissuras no rodapé das paredes, evidenciando a necessidade de embutir corretamente o material impermeabilizante e prever a espessura do revestimento adequadamente; 45% apresentaram infiltrações na periferia de ralos e tubulações; 30% tinham fissuras na estrutura; 30% com falta efetiva de impermeabilização; 20% com perfurações na impermeabilização e 20% apresentaram problemas na proteção mecânica da impermeabilização. A falta de impermeabilização possui alta gravidade, pois há grande dificuldade na sua resolução após a entrega do edifício, uma vez que é necessário demolir, impermeabilizar as áreas não estanques e executar novamente os pisos, causando transtornos. Como consequências foram evidenciadas manchas de umidade em 86% das edificações, acompanhadas de respingos d'água nas garagens, estragando as pinturas dos veículos e desvalorizando o imóvel; 70% apresentaram eflorescências e estalactites; 12% tinham corrosão visível da armadura, considerada grave, já que promove a redução da vida útil e compromete a estabilidade da estrutura, além de gerar custos não previstos com reparos e reforços. Com menor incidência, correspondendo a 10% dos edifícios, constatou-se a presença da deterioração da argamassa e pintura, além da ocorrência de curto-circuito.

Segundo Verçoza¹(1983 apud SILVA e SALES, 2013, p. 3), a infiltração interfere na durabilidade da obra e é prejudicial à saúde do homem, pois o ambiente úmido abriga microrganismos, além de gerar desgaste físico e emocional nos proprietários, bem como

¹ VERÇOZA, E. J. Impermeabilização na construção. Porto Alegre: Editora Sagra, 1983 apud SILVA, I. S.; SALES, J. C. **Patologias ocasionadas pela umidade**: estudo de caso com edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú. João Pessoa: Cipan, 2013.

gastos financeiros. Dentre os problemas causados por essa manifestação patológica, pode-se citar:

- Goteiras e manchas, que deterioram os materiais das construções e desvalorizam a obra;
- Mofo e apodrecimento, onde os fungos vegetais penetram na madeira, apodrecendo-a, além de aderirem nas alvenarias, escurecendo as superfícies e desagregando-as;
- Ferrugem, que é a oxidação do ferro e aço, portanto é necessário que não se deixe chegar umidade até a armadura do concreto, já que a ferrugem aumenta o volume e arrebenta o revestimento do concreto armado;
- Eflorescências, que são formações de sais nas superfícies das paredes trazidas pela umidade do seu interior, aparecendo quando a água atravessa uma parede que contenha sais solúveis, que podem estar nos tijolos, cimento, areia, concreto, argamassa, causando mau aspecto, manchas, descolamento da pintura, descolamento do tijolo e reboco, além de formarem estalactites conforme o volume;
- Criptoflorescências, que são formações salinas que têm a mesma causa e mecanismo das eflorescências, porém os sais formam grandes cristais que se fixam no interior da própria parede ou estrutura, tendo como maior causador o sulfato, que aumentam de volume ao receberem água, pressionam a massa, formando rachaduras ou queda da parede;
- Gelividade, que é quando a água congela em canais capilares dos tijolos e concreto acima de 0°C até 6°C, aumentando o seu volume.

Nas fundações a umidade pode corroer a armadura das estruturas, comprometendo-as e desagregando a alvenaria. Nas paredes internas pintadas, a umidade causa bolhas, manchas, eflorescência na pintura, desagregação do revestimento, torna os ambientes insalubres com mofo e bolor. Nas paredes azulejadas pode ocorrer o destacamento dos azulejos, sendo que estes confinam a umidade, potencializando os estragos. O piso cerâmico pode ter descoloração, destacamento da cerâmica e eflorescência. No piso com assoalho, a madeira pode apodrecer, empenar e favorecer o aparecimento de cupim. A carbonatação do concreto é comum na parede de concreto aparente, causando danos estéticos e estruturais (CICHINELLI, 2012).

De acordo com Cincotto (1988), a infiltração da água por meio de alicerces, lajes de cobertura mal impermeabilizadas ou argamassas de assentamento magras é manifestada por manchas de umidade, podendo ou não ser acompanhadas de eflorescência ou vesículas. A infiltração constante provoca a desagregação do revestimento com pulverulência ou formação de bolor onde não há incidência solar. Nas tintas impermeáveis, a eflorescência compromete a aderência entre as camadas de tinta e reboco, pois é depositada no meio delas, além de haver a formação de bolhas ou vesículas pelo acúmulo de água que percola entre o revestimento e a tinta.

Segundo Barroso *et al.* (2015), na maioria das vezes, a impermeabilização é desprezada para conter custos e devido à desinformação, resultando no aparecimento de patologias, para as quais o custo de reparo pode ser até quinze vezes maior do que se fosse executado no andamento da obra.

3.1.1.1 Atuação das águas nas edificações

A água é um dos problemas que mais causa patologias nas construções devido à falha no processo de impermeabilização, que às vezes nem existe. Ela está presente no solo, infiltra na estrutura por capilaridade, podendo causar eflorescência, mofo, problemas na pintura, corrosão das armaduras e descolamento dos revestimentos argamassados (KWIATKOWSKI; SEIDLER, 2014).

Nenhuma infiltração tem início de um dia para o outro, elas vão surgindo aos poucos e vão deteriorando o patrimônio. A água infiltrada, tanto na estrutura quanto na superfície, pode afetar todo elemento de uma estrutura, diminuindo o tempo útil da construção e levar à desvalorização do imóvel (BARROSO *et al.*, 2015).

A presença de água nas edificações pode ser devido à chuva, vazamentos, lavagem, umidade do solo e água proveniente das atividades de construção (CAPORRINO, 2015).

Os problemas referentes à ação da umidade são encontrados desde o projeto até a manutenção da edificação, e a melhor solução é a prevenção, corrigindo os erros na fase de projeto. Pode-se evitar as patologias de umidade com uma impermeabilização eficiente, que muitas vezes não recebe a atenção necessária, gerando mais gastos com seu reparo e substituição do que com a primeira impermeabilização (SOUZA, 2008), como já mencionado anteriormente.

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), a água de condensação é proveniente da condensação da água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo;

água de percolação atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa; água sob pressão negativa pode ser confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa, de forma inversa à impermeabilização; água sob pressão positiva pode ser confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma direta à impermeabilização.

Segundo Bauer (2016), os mecanismos que podem gerar umidade nos materiais de construção são:

- Absorção capilar de água;
- Absorção de água de infiltração ou fluxo superficial de água;
- Absorção higroscópica de água;
- Absorção de água por condensação capilar;
- Absorção de água por condensação.

Ainda segundo o autor, na absorção capilar e absorção por infiltração ou fluxo superficial de água, a umidade é absorvida pelos materiais na forma líquida, e na forma gasosa nos demais casos. A intensidade e direção da chuva e vento, além das condições de exposição da alvenaria, podem agravar a infiltração.

Para Verçoza² (1991 apud SILVA e SALES, 2013, p. 4) a umidade, além de uma causa das patologias, é um meio necessário para que grande parte delas ocorra, pois é essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pintura e reboco, até causa de acidentes estruturais. Para o autor, a umidade pode ser trazida pelos seguintes meios:

- Durante a construção;
- Por capilaridade;
- Pela chuva;
- Por vazamentos em redes hidráulicas;
- Pela condensação.

Segundo Klein³ (1999 apud SILVA e SALES, 2013, p. 4), a umidade trazida pela construção desaparece com o tempo, cerca de seis meses, porém é necessária para a obra e se encontra dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para a confecção do concreto, argamassa e pinturas. A umidade das chuvas é encontrada nos telhados, paredes e

² VERÇOZA, E. J. Patologia das Edificações. Porto Alegre: Editora Sagra, 1991 apud SILVA, I. S.; SALES, J. C. **Patologias ocasionadas pela umidade**: estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú. João Pessoa: Cipan, 2013.

³ KLEIN, D. L. Apostila do curso de Patologia das Construções. Porto Alegre: Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 1999 apud SILVA, I. S.; SALES, J. C. **Patologias ocasionadas pela umidade**: estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú. João Pessoa: Cipan, 2013.

lajes de terraços. O lençol freático traz a umidade por capilaridade, aparecendo nas paredes. Nas paredes, terraço, piso e telhado pode-se encontrar a umidade trazida por vazamentos de rede de água e esgoto. Nesses lugares também, além de banheiros, cozinha e garagem, pode-se encontrar a umidade por condensação, que está presente no ambiente e se deposita na superfície da estrutura.

3.1.1.2 Impermeabilização

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), a impermeabilização é um conjunto de operações e técnicas construtivas que têm a finalidade de proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade.

Os problemas com infiltração e umidade são muito recorrentes na construção civil e necessitam de atenção, pois a estanqueidade à água, conforto higrotérmico, conforto acústico e durabilidade são os principais requisitos a serem garantidos em uma edificação em relação aos revestimentos e que estão sujeitos às manifestações patológicas. Estas devem ser evitadas ou tratadas, já que seus efeitos podem comprometer a estabilidade e condições de habitabilidade, como variação dimensional dos componentes, deterioração de revestimentos, oxidação de metais, proliferação de microrganismos que causam manchas e eflorescências, maior transmissão de calor, redução da resistência de componentes e desencadeamento de processos químicos (CAPORRINO, 2015).

A impermeabilização é uma etapa importante para a segurança da edificação e integridade física do usuário, uma vez que os agentes trazidos pela água e os poluentes do ar provocam danos irreversíveis à estrutura física e prejuízos financeiros difíceis de serem contornados. Propicia conforto aos usuários e eficiente proteção contra patologias, que são causadas por falhas que ocorrem durante a execução, falta de prevenção ou economia equivocada, pois ao decidir não impermeabilizar áreas para conter custos, geram-se consequências danosas ao patrimônio, diminuindo significativamente a vida útil da edificação (BARROSO *et al.*, 2015).

A impermeabilização deve seguir alguns requisitos, como diz a NBR 9575 (ABNT, 2010):

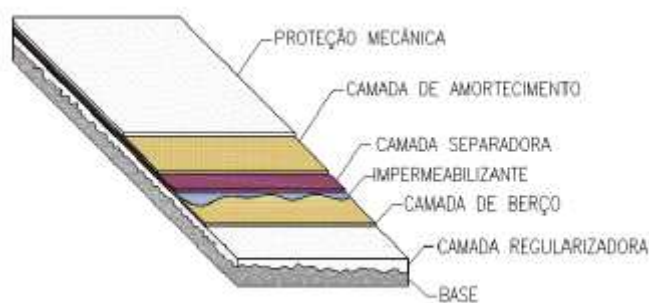
- Evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções;
- Proteger os elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;

- Proteger o meio ambiente de agentes contaminantes e possibilitar acesso à impermeabilização, com o mínimo de revestimentos sobrepostos a ela.

De acordo com Soares (2014), um sistema de impermeabilização genérico pode ser dividido em base e camada de regularização, camada impermeável, proteção mecânica e detalhes construtivos, como pode ser observado na Figura 1 a seguir. A base determina as características do sistema a ser utilizado, após analisar a estrutura. A camada de regularização tem como função regularizar o substrato a ser impermeabilizado e deve ter um caimento mínimo para não haver concentração de fluido. Nos sistemas não aderidos, onde a camada impermeabilizante não fica em contato direto com o substrato, há uma camada de berço em cima da camada de regularização que protege a camada impermeável contra agressões vindas do substrato. Nesses sistemas, é colocada a camada impermeável e sobre ela é utilizada a camada separadora, que evita que as tensões atuantes nas camadas de proteção mecânica sejam transmitidas para a impermeabilização, impedindo que a movimentação desta cause patologias na proteção mecânica devido a sua expansão e retração. Depois é colocada a camada de amortecimento que protege mecanicamente a impermeabilização e, por último, é colocada a camada de proteção mecânica que, segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), possui a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos que atuam na camada impermeável, protegendo-a. Há sistemas de impermeabilização que possuem acabamento superficial incorporado na fabricação, como as mantas asfálticas com acabamentos aluminizados ou granulares, dispensando a camada de proteção mecânica.

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), é necessário que o projeto de impermeabilização seja desenvolvido em conjunto e compatibilizado com os demais projetos da construção. Os sistemas de impermeabilização a serem adotados devem resistir às cargas estáticas e dinâmicas atuantes sobre a impermeabilização; resistir aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato e revestimentos, ocasionados por variações térmicas; resistir à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas; resistir às pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água e umidade do solo, além de descolamento por perda de aderência; apresentar aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica compatíveis com as solicitações previstas nos demais projetos; resistir ao ataque e agressão de raízes de plantas ornamentais.

Figura 1: Camadas do sistema genérico de impermeabilização não aderido



Fonte: Soares (2014).

3.1.2 Métodos preventivos no combate à infiltração e umidade

Para evitar complicações futuras provocadas pela infiltração e umidade é necessário tomar cuidado desde o começo, no projeto da edificação. No estudo realizado por Antonelli, Carasek e Cascudo (2002) em Goiânia, observou-se que os problemas de impermeabilização tiveram origem principalmente nas etapas de projeto, onde não foi feita impermeabilização em locais que necessitavam, além de má especificação dos materiais. Foram constatados problemas também nas etapas de execução/fiscalização, sendo a mão de obra não qualificada um dos motivos de erros nessa fase.

De acordo com Souza e Melhado (1997), o projeto é importante para buscar uma melhor qualidade dos produtos. É capaz de tornar o processo de produção mais rápido e eficiente, diminuindo desperdícios, retrabalhos, adaptações em canteiro, também aumenta a produtividade e qualidade do produto final. A impermeabilização está relacionada à estanqueidade, higiene, durabilidade e economia da edificação, além de interferir e sofrer interferência de outros subsistemas de uma edificação, portanto seu projeto é de suma importância.

O projeto de impermeabilização é o conjunto de informações gráficas e descritivas que definem integralmente as características de todos os sistemas de impermeabilização da construção. É constituído por três etapas: estudo preliminar, que determina e quantifica as áreas a serem impermeabilizadas; projeto básico de impermeabilização, que define as soluções de impermeabilização; e projeto executivo de impermeabilização, onde há o detalhamento e especificação de todos os sistemas de impermeabilização da construção (LIMA, 2015).

A infiltração pode ocorrer pelos componentes da alvenaria, juntas de assentamento ou estarem relacionadas a outros fatores. Em relação à infiltração pelos componentes da

alvenaria, com a finalidade de minorar os efeitos provenientes da penetração de umidade, é necessário que na fase de projeto seja analisada a orientação das fachadas em relação aos ventos predominantes, bem como os detalhes arquitetônicos e técnicos como frisos, pingadeiras, rufos, beirais, platibandas, juntas de movimentação e materiais de selagem. É necessário analisar também a intensidade e duração das precipitações na região, além de ter conhecimento das propriedades dos materiais constituintes das alvenarias em relação à higroscopicidade, porosidade e absorção de água. Quanto à infiltração pelas juntas de assentamento, que pode ocorrer por falhas na argamassa de assentamento ou na interface argamassa-bloco vazado de concreto, esta tem como causas a retração hidráulica da argamassa, deficiência de execução, argamassa preparada com excesso de água de amassamento, dentre outras. Não se pode esquecer das lâminas de água da chuva que escorrem pelas fachadas, portanto deve-se adotar detalhes construtivos com o objetivo de dissipar concentrações de água como pingadeiras, molduras, peitoris e frisos. É importante dimensionar corretamente os ralos e respectivos condutos para evitar vazamentos e encharcamentos de platibanda (BAUER, 2016).

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), determina-se o tipo adequado de impermeabilização a ser utilizada na construção de acordo com a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade, que se divide em solicitação imposta pela água de percolação, pela água de condensação, pela umidade do solo e pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral. Para Lima (2015), deve-se levar em conta a pressão hidrostática, frequência de umidade do local, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação.

Passada a fase inicial, após realizar um detalhado projeto de impermeabilização e escolher o produto mais adequado, os cuidados devem continuar sendo tomados na fase construtiva, utilizando materiais de boa qualidade e empregando mão de obra qualificada. Segundo Pelacani (2010), quando os problemas patológicos têm origem na etapa de execução, muitas vezes é devido ao fato de o processo de produção refletir os problemas socioeconômicos, resultando em baixa qualificação técnica dos profissionais.

Em relação à preparação do terrapleno, para evitar a umidade natural do solo em pisos apoiados sob ele, é preciso proporcionar permeabilidade para a camada de solo logo abaixo do lastro de concreto, retirando a camada superficial do solo pouco permeável e reaterrando com o mesmo solo misturado com areia ou entulho. Essa ação evita que a água suba por capilaridade. Em solos argilosos ou humíferos, podem ser utilizadas mantas impermeáveis

para conter o fluxo de umidade, além de utilizar drenos caso o lençol freático esteja aflorado ou pouco profundo (FIORITO, 1994).

Os detalhes construtivos fazem parte do sistema de impermeabilização, sendo os maiores causadores de patologias. É preciso executá-los perfeitamente como os arremates de ralos, rodapés, chumbamentos, soleira, pingadeira, juntas de dilatação (SOARES, 2014).

Após as etapas de concepção e execução, independente da boa qualidade adotada, é possível surgir problemas patológicos devido à utilização errada ou falta de manutenção do empreendimento (PELACANI, 2010). Os edifícios, em geral, estão sujeitos a um processo de deterioração natural devido à ação de intempéries e atividades relacionadas a sua utilização, que pode se transformar ao longo do tempo em patologias que afetam a durabilidade, estética, funcionalidade, segurança, desempenho, além de oferecer risco à integridade física dos seus moradores, caso não seja tratado de maneira adequada (LIMA, 2016). Há casos em que a manutenção periódica pode evitar até mesmo a ruína da obra como, por exemplo, a limpeza e impermeabilização das lajes de cobertura, marquises, piscinas elevadas e *playgrounds*, que impedem a infiltração prolongada de água de chuva e entupimento dos drenos, consequentemente o excesso de carga pelo acúmulo de água (PELACANI, 2010). Segundo a NBR 5674 (ABNT, 2012), há três tipos de manutenção: a rotineira, quando há um fluxo constante dos serviços como limpeza geral e lavagem de áreas comuns; manutenção corretiva, que são os serviços que demandam intervenção imediata para permitir que continuem sendo utilizados os sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou então são serviços para evitar riscos aos usuários; e manutenção preventiva, que são os serviços programados com antecedência, com relatórios de verificações periódicas sobre o estado de degradação.

É importante ressaltar que com o cumprimento das normas, evita-se ou desacelera-se consideravelmente os mecanismos de degradação de estruturas, como foi observado por França *et al.* (2011). Segundo o autor, muitas manifestações patológicas ocorrem devido aos materiais componentes e ao processo construtivo, evidenciando-se um desconhecimento das normas ou falta de cuidado pelo profissional.

3.1.2.1 Tipos de impermeabilizantes

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), há três tipos de impermeabilização, que são classificados segundo o material constituinte principal da camada impermeável, sendo:

- Impermeabilizante cimentício: argamassa com aditivo impermeabilizante, argamassa modificada com polímero, argamassa polimérica e cimento modificado com polímero.

- Impermeabilizante asfáltico: membrana de asfalto modificado sem adição de polímero, membrana de asfalto elastomérico, membrana de emulsão asfáltica, membrana de asfalto elastomérico em solução e manta asfáltica.
- Impermeabilizante polimérico: membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado, membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R.) em solução, membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.R.), membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno-ruber (S.B.R.), membrana de poliuretano, membrana de poliureia, membrana de poliuretano modificado com asfalto, membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, membrana acrílica para impermeabilização, membrana epoxídica, manta de acetato de etivinila (E.V.A.), manta de policloreto de vinila (P.V.C.), manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.), manta elastomérica de etilenopropileno-dieno-monômero (E.P.D.M.) e manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R.).

Já a NBR 9575 (ABNT, 2003), atualizada em 2010, na versão anterior a essa, classificava os impermeabilizantes em rígido e flexível, sendo:

- Rígidos: argamassas impermeáveis com aditivo hidrófugo, argamassa modificada com polímero, argamassa polimérica, cimento cristalizante para pressão negativa, cimento modificado com polímero e membrana epoxídica.
- Flexíveis: membranas de asfalto modificado sem adição de polímero, membrana de asfalto com adição de polímero elastomérico, membrana de emulsão asfáltica, membrana de asfalto elastomérico em solução, membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado, membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno em solução, membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno, membrana de poliuretano, membrana de poliuréia, membrana de poliuretano modificado com asfalto, membrana de polímero modificado com cimento, membrana acrílica, manta asfáltica, manta de acetato de etivinila, manta de policloreto de vinila, manta de polietileno de alta densidade, manta elastomérica de etilenopropileno-monômero e manta elastomérica de poliisobutileno isopreno.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) diz que a impermeabilização flexível é um conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo; já a impermeabilização rígida não apresenta características de flexibilidade compatível e é

aplicável às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo. Diz ainda que a impermeabilização aderida é um conjunto de materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, totalmente aderidos ao substrato; a não aderida são totalmente não aderidos ao substrato; a parcialmente aderida são parcialmente aderidas ao substrato.

Há uma classificação não contemplada pelas normas, mas muito utilizada pelo mercado, os impermeabilizantes semiflexíveis. Segundo Bauer, Vasconcelos e Granato (2007), são sistemas que possuem baixo módulo de elasticidade, mas que suportam as deformações do substrato dentro de determinados limites. A flexibilidade depende do teor de polímeros e é um conceito muito relativo para matrizes cimentícias (SABBATINI *et al.*, 2003).

De acordo com Sabbatini *et al.* (2003), os principais impermeabilizantes utilizados em edificações são:

- Membrana asfáltica: As emulsões e soluções a frio são utilizadas onde há áreas sujeitas à água de percolação, como pisos de banheiro, cozinhas, outras áreas frias e lajes. Não recomendado para áreas muito fissuráveis, com grandes vãos e áreas permanentemente imersas em água. As de asfalto a quente exigem proteção térmica para aumentar a vida útil do sistema e são utilizadas em superfícies horizontais sujeitas à água de percolação, como lajes, e onde há água sob pressão como tanques, piscinas, mas não adequado para água potável.
- Membrana acrílica: Podem ser com ou sem adição de cimento, utilizadas em lajes expostas a intempéries, reservatórios, lajes de térreo e áreas internas.
- Manta asfáltica: Pode ser utilizado em todas as situações, depende do tipo de manta. Bértolo (2001) complementa dizendo que é um produto pré-fabricado, feito à base de asfaltos modificados com polímeros, estruturados com filme de polietileno, véu de fibra de vidro ou não tecido de filamento contínuo de poliéster. Indicado para espelhos d'água, estacionamentos, helipontos, lajes maciças, piscinas, varandas, terraços, lajes pré-moldadas e de cobertura.
- Manta polimérica: Locais onde há água de percolação ou pressão hidrostática positiva, solo, lajes com trânsito de pedestres ou tráfego de veículos.
- Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo: Moldada *in loco*, contém aditivos compostos por estearatos (agentes hidrófugos), silicatos e cloretos (formam gel de tamponamento).
- Argamassa polimérica: Argamassa com resina polimérica e aditivos diversos.

Segundo Bértolo (2001), há outros quatro tipos de sistemas de impermeabilização, a saber:

- Membranas moldadas no local: São compostas por emulsão acrílica ou asfáltica modificada com elastômeros, formando uma película. Ideais para áreas não sujeitas ao tráfego, como coberturas, pisos externos e paredes.
- Hidro-repelentes: Protegem a estrutura da sujeira, poluição e umidade. Podem ser aplicados sobre os tijolos, concreto, pintura, pedras ou argamassas decorativas em fachadas.
- Mantas elastoméricas: Possuem o elastômero como principal matéria prima e são fabricadas pelo processo de calagem. Indicadas para estacionamentos, helipontos, lajes maciças, lajes de cobertura e rampas.
- Solução asfáltica: Produtos à base de asfalto dissolvido em solventes, enriquecido com polímeros. Indicados em espelhos d'água, estacionamentos, helipontos, lajes de cobertura, marquises, terraços e varandas.

Cichinelli (2012) menciona os cristalizantes que, ao entrar em contato com a água de infiltração, cristalizam-se formando uma barreira impermeável resistente às pressões negativas, sendo indicado para impermeabilizações temporárias, como no tamponamento de jorros d'água, sendo necessária impermeabilização posterior. De acordo com Soares (2014), pode ser utilizado em estruturas sem movimentação, além de servir como sistema auxiliar, com a finalidade de aumentar a impermeabilização e durabilidade do concreto. O autor cita também os impermeabilizantes com pega ultrarrápida, de poucos segundos, que possuem alta aderência e poder de tamponamento; membranas de polímero acrílico modificado com cimento que são resistentes às altas pressões hidrostáticas positivas, de fácil aplicação, não alteram a potabilidade da água, acompanham as movimentações e fissuras previstas nas normas, sendo indicados para utilizar em torres de água e reservatórios de água potável.

Segundo Hussein (2013), há as mantas PEAD, TPO e PVC. As mantas PEAD são geomembranas de polietileno de alta densidade, utilizadas em aterros sanitários, lagoas de rejeitos industriais, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), lagos artificiais e tanques de criação de peixes. A manta TPO é fabricada com material termoplástico flexível reforçado com uma malha de poliéster, possui grande resistência a rasgos, perfurações, bactérias, raios solares, sendo utilizadas em coberturas. As mantas PVC, por sua vez, também são resistentes

aos raios solares, podem ficar expostas às intempéries, resistentes à penetração de raízes e microrganismos, sendo utilizadas em túneis, subsolo, fundações, telhados e coberturas.

3.1.3 Exemplos de uso de métodos de remediação para combater a infiltração e umidade

Como visto anteriormente, as causas da presença da infiltração e umidade na edificação são variadas, podendo ser desde a não utilização de impermeabilizantes até a falta de manutenção da construção. O fato é que depois que elas surgem, devido aos sérios problemas que provocam, é necessário adotar medidas para tratá-las.

Em uma análise sobre as patologias nos edifícios da Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral - CE, por Silva e Sales (2013), evidencia-se que é preciso primeiro conhecer as causas do problema antes de atacá-lo, senão este será apenas mascarado, ressurgindo no futuro. Foi proposto pelos autores, para as infiltrações nas paredes causadas por percolação da água devido à diferença de nível entre o prédio vizinho e as salas de aula, ou então por vazamento de tubulação, a remoção do revestimento até atingir a alvenaria, retirando as “bicheiras”, que são os espaços vazios resultantes da falta de vibração ou falta de espaço para a passagem dos agregados entre as armaduras e formas em uma estrutura de concreto, aplicando-se em seguida uma argamassa polimérica para impermeabilização. Sugere-se também a manta asfáltica como outro tipo de impermeabilização alternativa, porém seria necessária uma mão de obra mais especializada, além da remoção de metade da espessura da parede, resultando em um custo maior.

Durante um estudo de uma edificação no município de Palmas - TO, por Paz *et al.* (2016), foi observado destacamento de revestimento interno, que pode ter sido causado por variação higrotérmica, já que na fachada havia a presença de manchas e bolores indicando presença de umidade, que pode ter afetado a parte interna devido a sua variação de volume. Como tratamento, foi proposta a retirada de todo o revestimento cerâmico, chegando até no emboço. Em seguida, impermeabilizou-se a fachada com material impermeabilizante para fechar os poros e impedir a circulação de água, como resina de silicone, resina de siloxanos e pintura acrílica. Observou-se também muitas manchas de água no forro, bolsões de acúmulo de água e destacamento de revestimento, provenientes de vazamento de instalação hidráulica. É preciso inicialmente identificar os pontos com vazamento e depois reparar o local. Notou-se a presença de fissuras, algumas com manchas de água indicando infiltração no forro. De acordo com Thomaz (1989), a escolha do processo de recuperação das trincas deve estar

relacionada com a intensidade prevista para a movimentação das mesmas. Para o caso das eflorescências, segundo Paz et al. (2016), nas alvenarias externas ainda há a ocorrência de reações e, como essa patologia possui solubilidade em água, geralmente some após a ação das chuvas. Mas o que geralmente deve ser feito é usar uma escova de aço para limpar o local e lavar abundantemente com água. Para os bolores, caso não haja mais infiltrações, recomenda-se retirar apenas a camada de pintura e passar produto impermeabilizante, porém, em lugares com mofo, é preciso lavar o local e tratar com produtos desinfetantes.

Em um estudo realizado por Dias *et al.* (2018), em um condomínio na cidade de Teresina-PI, observou-se casos de anomalias devido à falta de mão de obra especializada, deficiência de projeto, mau uso do proprietário e uso de materiais não adequados. Para os casos em que havia falha na impermeabilização de uma laje com manta asfáltica, recomendou-se retirar todo o revestimento e toda impermeabilização, para refazê-la e, em seguida, executar o revestimento. Para os casos de infiltração em esquadrias de alumínio, indicou-se executar a vedação externa da esquadria de modo que não descaracterize a fachada, retirar o bolor da parede interna, emassar, lixar e pintar.

Em dois tratamentos de paredes com umidade ascendente próxima ao piso, Soares (2014) afirma que foi utilizada a argamassa impermeável com aditivo hidrófugo. Nos dois casos havia partes estufadas do revestimento com o desprendimento da tinta, mas apenas em um deles havia mofo e se tratava de uma parede de divisa para a fachada, assim o tratamento ocorreu na parte interna e externa. Retirou-se todo o revestimento danificado até uma altura de 50 cm acima da umidade, em seguida foi aplicada a argamassa aditivada. O recomendado é tratar a parede até o teto para garantir que o problema não apareça novamente com o avanço da umidade. Em outro caso, com o objetivo de evitar a infiltração e umidade em uma laje enterrada, através de pressões negativas, utilizou-se um cristalizante para fazer um fechamento capilar da estrutura de concreto.

3.2 ARGAMASSAS IMPERMEABILIZANTES

3.2.1 Argamassa preparada *in loco*

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), argamassa com aditivo impermeabilizante é dosada em obra, aplicada ao substrato de alvenaria, constituída de areia, cimento, aditivo impermeabilizante e água. Aditivo impermeabilizante é um produto adicionado à argamassa até a quantidade de 1% em relação ao peso do produto final, com a finalidade de promover

propriedades impermeabilizantes. Argamassa modificada com polímero é impermeabilização dosada em obra, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros.

Também conhecidas como argamassas com hidrófugos, possuem como aditivos os silicatos e outros compostos, que são incorporados às argamassas de cimento e areia, depositando-se em sua porosidade interna. É comumente utilizado o aditivo em argamassas para rebocar locais que não estejam sujeitos à fissuração, como reservatórios enterrados. Pode ser utilizado como impermeabilizante auxiliar a outro sistema. Devido a seu baixo custo, é um sistema impermeabilizante rígido muito utilizado no Brasil, mas muitas vezes de maneira errada, não oferecendo um resultado eficiente (BAUER, VASCONCELOS E GRANATO, 2007).

Segundo Dafico, Cavalcante e Almeida (2005), nos manuais técnicos dos fabricantes de aditivos, recomenda-se, para a produção de uma argamassa impermeável, um traço de 1:3 (cimento:agregado), além de mais uma proporção de aditivo em torno de 4% da massa de cimento. Em um trabalho experimental realizado pelos autores, observou-se que quanto mais pobre é o traço da argamassa, menor é o percentual de redução da permeabilidade pelo uso de aditivo impermeabilizante, ou seja, em traços muito pobres, quase não há redução da permeabilidade. Verificou-se também que mesmo com traço de 1:3, que é considerado rico, alguns aditivos produzem misturas com relações de água/cimento muito elevadas, resultando em alta taxa de penetração de água, apesar da redução da permeabilidade pelo produto.

As argamassas impermeáveis com aditivo hidrófugo, segundo Sabbatini *et al.* (2003), são utilizadas em revestimentos estanques para paredes e reservatórios. Não admitem movimentação da base e perde o efeito hidrófugo após alguns anos. Segundo Cichinelli (2012), é um sistema não industrializado, sendo que a argamassa é misturada no canteiro com aditivos hidrofugantes, que reduzem sua permeabilidade.

3.2.2 Argamassas industrializadas

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), argamassa polimérica é uma impermeabilização industrializada, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, que formam um revestimento com propriedades impermeabilizantes.

De acordo com Bauer, Vasconcelos e Granato (2007), as argamassas poliméricas são uma subdivisão dos impermeabilizantes cimentícios. Podem ser classificadas em argamassas

poliméricas flexíveis e argamassas poliméricas semiflexíveis. As argamassas poliméricas semiflexíveis são compostas de cimento, aditivos químicos e emulsões poliméricas. As cadeias poliméricas e minerais são depositadas na porosidade da estrutura, por pressão osmótica, resultando na formação da membrana impermeável. O componente de emulsão polimérica, que pode ser do tipo acrílico ou estireno butadieno, aliada com o poder aglomerante do cimento, proporciona excelente aderência ao substrato. Indicadas para utilização em reservatórios, subsolos, cortinas, poços de elevadores, locais sob pressão hidrostática positiva e negativa, pisos frios sujeitos à umidade do solo. Possuem boa impermeabilidade, aderência e resistência mecânica. Ainda segundo os autores, as argamassas poliméricas flexíveis possuem alta flexibilidade, podendo ser utilizadas em estruturas sujeitas a movimentação e leves fissurações, como reservatórios elevados e lajes em situações especiais. Possuem maior teor polimérico na emulsão acrílica, com partículas maiores que formam um filme flexível, não sendo recomendável, portanto, sua utilização em locais com pressão negativa, pois podem formar bolhas.

Essas argamassas possuem grande variedade de aplicação e propriedades, devido ao teor de resinas utilizadas em sua fabricação. Os produtos mais rígidos resistem melhor às pressões negativas, e os mais flexíveis são recomendados quando há pressão positiva, que atuam pressionando a impermeabilização. Possuem vantagem na facilidade de aplicação, porém o sistema está sujeito a danos causados pela queda de material pontiagudo na obra, já que a espessura final é pequena (CICHINELLI, 2012).

Para Soares (2014), a presença de polímeros acrílicos torna o sistema mais flexível, suportando pequenas movimentações da estrutura, por isso que os fabricantes classificam como semiflexível. Porém por se tratar de uma argamassa, é rígido. O sistema é capaz de resistir às pressões hidrostáticas positivas e negativas, não altera a potabilidade da água e é uma barreira contra sulfatos e cloretos.

Segundo Sabbatini *et al.* (2003), as argamassas poliméricas são recomendadas em locais em que há solicitações de água de percolação e condensação, como pisos não sujeitos a movimentações excessivas da base, paredes expostas, banheiros, cozinhas, varandas, e em locais onde há solicitações de água sob pressão, como reservatórios de água potável.

Deve-se levar em conta, na hora de escolher um sistema impermeabilizante, a possibilidade de deformação da área a ser impermeabilizada. Quando a estrutura está sujeita à deformação ou fissuração, como lajes e piscinas elevadas, utiliza-se os sistemas flexíveis. Em contrapartida, na impermeabilização de subsolo ou reservatório de concreto, por exemplo,

utiliza-se um sistema rígido ou semiflexível (BAUER, VASCONCELOS E GRANATO, 2007).

3.2.2.1 Argamassa bicomponente

É a forma mais comercializada de argamassas impermeabilizantes no mercado, sendo necessária a mistura de um componente em pó com um componente líquido para seu preparo.

Para Hussein (2013), a versão bicomponente é formada por cimento aditivado e resinas líquidas. Devem ser misturadas e homogeneizadas antes da aplicação, formando um revestimento impermeável e resistente à umidade e ao encharcamento.

Durante a pesquisa bibliográfica, foi observado que a maioria dos autores se refere às argamassas poliméricas industrializadas como sendo bicomponentes, portanto suas características são as mesmas descritas anteriormente no item 3.2.2.

3.2.2.2 Argamassa monocomponente

De acordo com Martinelli (2017), coordenador de sistemas de impermeabilização da Sika, por ser um produto monocomponente, ou seja, ser fornecida apenas em uma embalagem em pó, portanto pronta para o uso, bastando adicionar apenas uma quantidade de água indicada pelo fabricante, são reduzidos os riscos com perdas de componente líquido ou por misturar o líquido da argamassa bicomponente com água, alterando o desempenho técnico do produto. Segundo a empresa, há uma economia de 30% por m² em relação aos produtos bicomponentes devido à redução dos custos fabris, além de o custo do frete ser reduzido por não serem transportados componentes líquidos, bem como na facilidade no preparo e aplicação. Fácil de usar, sendo necessária apenas a aplicação de água, resistente a pressões hidrostáticas positivas e negativas.

Não foi encontrada quase nenhuma bibliografia referente às argamassas monocomponentes. Dessa forma, foram realizados os ensaios a seguir com a finalidade de verificar algumas de suas propriedades.

4 METODOLOGIA

4.1 ARGAMASSAS UTILIZADAS

Foram utilizadas uma argamassa polimérica monocomponente e outras sete argamassas poliméricas bicomponentes, escolhidas a critério do fabricante da monocomponente.

- Argamassa monocomponente m1

Argamassa cimentícia monocomponente modificada por polímero para impermeabilização de elementos de concreto e alvenaria. Indicado para impermeabilização de áreas frias e molhadas, como banheiros, cozinhas, lavanderias, terraços e varandas. Composto por sílica, areia, cimento CP V e polímero em pó (copolímero de etileno acetato de vinila).

Este produto é o principal objeto de estudo deste trabalho e será comparado com as demais argamassas listadas a seguir.

O fabricante possui as seguintes informações:

Tabela 1: Informações da Argamassa Impermeabilizante Monocomponente m1

Propriedade	Norma utilizada	Resultados dos ensaios
Tempo de trabalhabilidade (25°C)	----	20 minutos
Teor de cloretos	ASTM C 114 NBR 11905/15	Não detectado
Resistência à tração (aderência)	NBR 12171/91 NBR 11905/15	7 dias : 1,5 MPa 28 dias : 1,7 MPa
Estanqueidade pressão positiva	NBR 10787/11 NBR 11905/15	0,5 MPa
Estanqueidade pressão negativa	NBR 10787/11 NBR 11905/15	0,2 MPa
Intervalo entre demãos	----	3 horas
Massa específica	----	1,530 g/cm ³

Fonte: Adaptado da ficha técnica disponibilizada pela fabricante (2018).

- Argamassa bicomponente b1

Revestimento semiflexível, à base de cimento, areias selecionadas, aditivos e emulsão de resina acrílica. O componente A (líquido) é feito de emulsão acrílica e biocida e o componente B (pó) é feito de cargas minerais e cimento. Indicado para impermeabilização de alicerces e fundações, subsolos, baldrames e galerias de águas pluviais e servidas, pisos e paredes de áreas frias como banheiros, cozinhas, lavanderias e paredes em contato direto com o solo, caixas d'água, reservatórios e piscinas, umidade de rodapé, paredes internas de construções como silos, armazéns, depósitos e incidências. A temperatura recomendada de serviço é entre 5°C a 50°C. No ensaio de resistência à pressão positiva de água obteve um resultado de 60 m.c.a.

- Argamassa bicomponente b2

Argamassa semiflexível, componente A (líquido) feito de polímeros acrílicos emulsionados e componente B (pó) feito de cimentos especiais, aditivos impermeabilizantes, plastificantes e agregados minerais. Indicado para a impermeabilização de áreas frias como banheiros, cozinha e lavanderia, poços de elevadores, baldrames, cortinas, muros de arrimo, piscinas de concreto enterradas, áreas frias em contato com o solo, reservatórios de água potável em estruturas sujeitas à infiltração do lençol freático. A temperatura recomendada de serviço é entre 10°C a 35°C. No ensaio de estanqueidade a pressão negativa, obteve como resultado 0,1 MPa e 0,6 MPa para pressão positiva. Para aderência em alvenaria e no concreto, obteve no mínimo 0,3 MPa.

- Argamassa bicomponente b3

Argamassa polimérica semiflexível à base de cimento e polímeros acrílicos. O componente A (líquido) é feito de dispersão aquosa de resina acrílica e o componente B (pó), de cimentos e adições. Indicado para reservatórios, tanques, piscinas, alicerces, fundações, baldrames, paredes de encosta, cortinas em estruturas sob solo e áreas em contato com o solo, paredes internas e externas para prevenir manchas nos rodapés e paredes. Para o ensaio de aderência aos 7 dias, apresentou 1,4 MPa, e para os ensaios de estanqueidade a pressão negativa e positiva, 0,20 MPa e 0,4 MPa respectivamente.

- Argamassa bicomponente b4

Revestimento semiflexível, à base de cimento, areias selecionadas e resina acrílica. O componente A (líquido) é de emulsão acrílica e o componente B (pó), feito de cargas minerais

e cimento Portland. Indicado para caixas d'água, piscinas, paredes externas e internas, rodapés, subsolos, áreas frias como cozinha e banheiros, alicerces. Recomenda-se uma temperatura de serviço entre 5°C a 50°C. Para o ensaio de resistência à pressão positiva de água, apresentou resultado de 70 m.c.a.

- Argamassa bicomponente b5

Impermeabilizante semiflexível, indicado para o uso em reservatórios de água potável enterrados, piscinas, tanques industriais, diques de contenção, jardineiras, vigas baldrame, alicerces e fundações em geral, paredes, muros, pisos e rodapés, ambientes úmidos ou sujeitos à umidade como banheiros, cozinhas e lavanderias. No ensaio de estanqueidade à água sob pressão positiva, apresentou um resultado de no mínimo 0,25 MPa, e 0,10 MPa para pressão negativa.

- Argamassa bicomponente b6

Revestimento impermeabilizante flexível, componente A (líquido) feito de resina termoplástica e aditivos especiais e componente B (pó) feito de cimentos especiais, aditivos impermeabilizantes e plastificantes. Indicado para torres de água e reservatórios de água potável, elevados ou apoiados de estrutura de concreto armado. Recomenda-se uma temperatura de aplicação entre 10°C a 35°C. Para o ensaio de estanqueidade a pressão positiva, apresentou 0,6 MPa como resultado.

- Argamassa bicomponente b7

Impermeabilizante flexível, componente A (líquido) feito de resina acrílica estirenada e componente B (pó) feito de cimentos especiais e aditivos minerais. Indicado para a impermeabilização de reservatórios elevados, piscinas, tanques de água potável, pisos frios e rodapés de paredes de gesso acartonado. Para o ensaio de estanqueidade à pressão positiva, possui um resultado de no mínimo 0,4 MPa, 0,3 MPa para o ensaio de aderência e no máximo 10% de absorção de água.

Com a finalidade de caracterizar a argamassa impermeabilizante monocomponente em estudo, denominada m1, realizou-se ensaios de resistência de ruptura à tração no alongamento, absorção de água e flexibilidade à baixa temperatura.

Outros ensaios necessários para a caracterização deste produto, tais como o ensaio de estanqueidade positiva e aderência, já haviam sido realizados pelo fabricante dessa argamassa.

As argamassas bicomponentes foram utilizadas apenas no ensaio de ruptura à tração no alongamento.

Para avaliar os resultados dos ensaios, foram utilizados os requisitos da norma NBR 15885 (ABNT, 2010), sugerida pelo próprio fabricante como adaptação, já que esta trata de membranas de polímero acrílico, com ou sem cimento, usadas para impermeabilização.

4.2 PARTE EXPERIMENTAL

4.2.1 Moldagem dos corpos de prova da argamassa monocomponente m1

Para a realização dos ensaios de tração, absorção e flexibilidade, confeccionou-se as formas com madeirite de 10 mm, com dimensões diferentes, conforme as normas referentes a cada ensaio. Nesta seção serão tratadas as tentativas na moldagem dos corpos de prova da argamassa m1 até se obter corpos de prova em condições de serem experimentados no laboratório, com a finalidade de classificar a argamassa m1, bem como compará-la a outras já disponíveis no mercado.

- Materiais

3 formas de 100x100 mm (Utilizadas no ensaio de absorção)

11 formas de 50x300 mm (Utilizadas no ensaio de tração)

20 formas de 150x50 mm (Utilizadas no ensaio de flexibilidade à baixa temperatura)

Água

Argamassadeira

Argamassa impermeabilizante monocomponente m1

Balança

Béquer 1000 ml

Béquer 500 ml

Desmoldante Desmol CD - Vedacit

EPI's (óculos de proteção, luva e máscara)

Escova

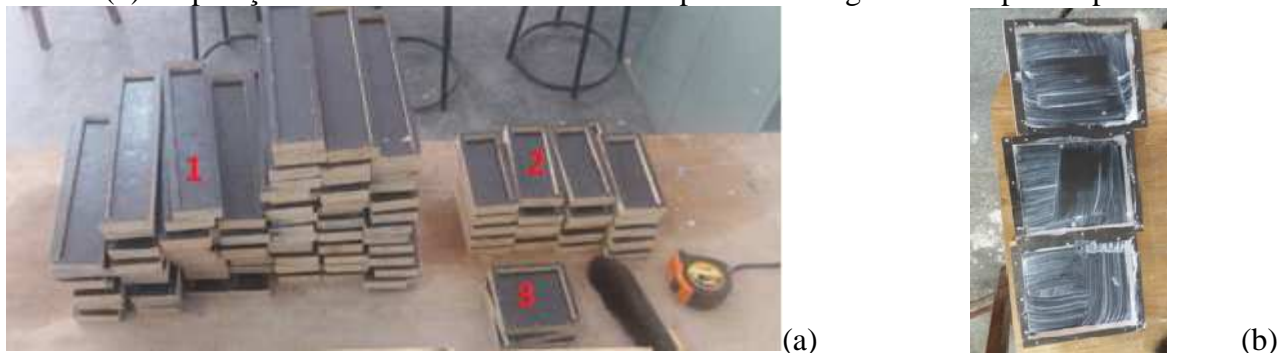
Espátula

Trincha

Vasilha

Antes de cada procedimento, durante a confecção dos corpos de prova, foi passado o desmoldante nas formas, com o auxílio de uma trincha após a limpeza com uma escova, como mostra a Figura 2(a, b).

Figura 2: Formas: (a) Formas para os ensaios de tração - 1, flexibilidade - 2 e absorção - 3 e (b) Preparação das formas com desmoldante para a moldagem dos corpos de prova



Fonte: Próprios autores (2018).

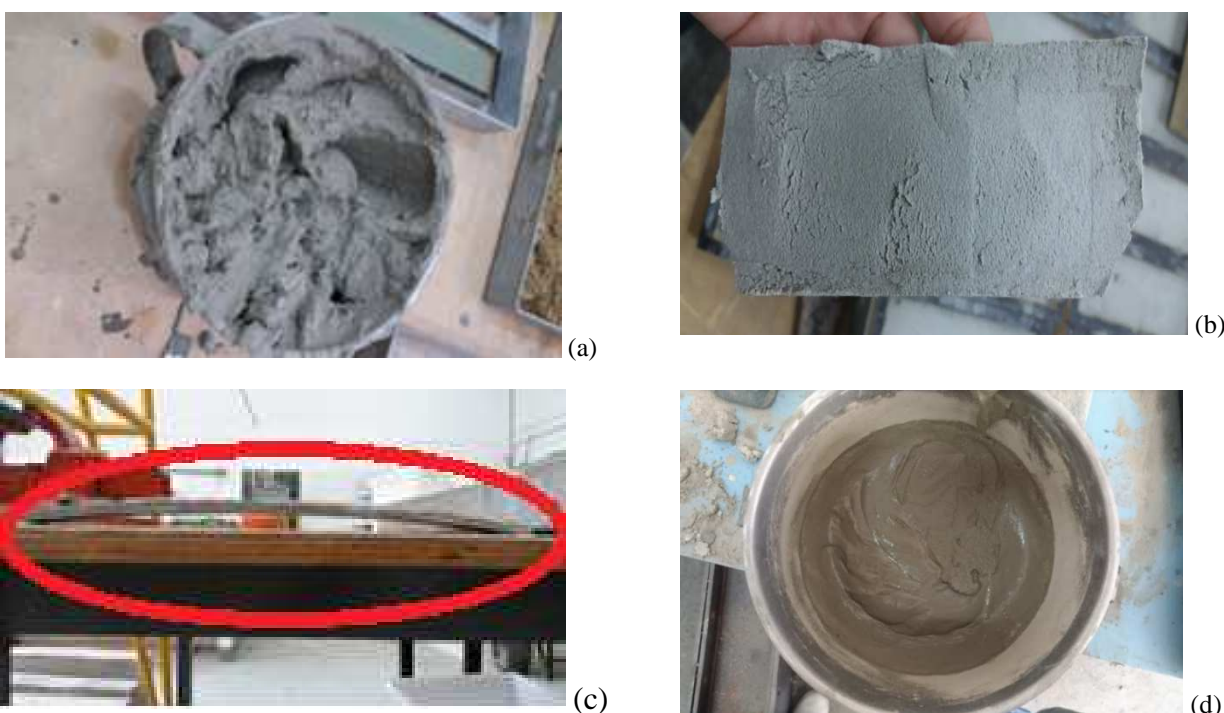
Para a argamassa polimérica monocomponente m1, inicialmente, foi utilizada a proporção informada pelo fabricante, de 1000g de pó para 330 ml de água, porém, conforme a Figura 3a, a massa ficou muito consistente, pouco trabalhável. Por recomendação do fabricante foi feita uma cura úmida por três dias, e após sete dias de cura no total, foi observado que havia muitos poros, característica que para uma argamassa impermeável não é aceita, pois pode haver a passagem de água, justamente o que se quer evitar ao usá-la. A Figura 3b mostra o aspecto do corpo de prova já endurecido e curado.

Assim, foi necessário fazer a remoldagem dos corpos de prova com outra proporção de pó e água, pois, por se tratar de um produto novo, até o proporcionamento dos componentes estava sendo testado. Utilizou-se, desta vez, 1000 g de pó e 330 ml de água inicialmente, sendo adicionadas pequenas quantidades de água até chegar a uma consistência adequada, utilizando 500 ml de água no total. Os corpos de prova sofreram retração, que segundo Bauer (2016) pode ser devido à argamassa excessivamente rígida com baixa retenção de água, conforme Figura 3c. Segundo Fiorito (1994), a retração é a diminuição do volume durante o endurecimento da argamassa ou concreto, devido à perda de água evaporável ou devido às reações de hidratação. Além de que foi utilizado 51,51% a mais de água do que o recomendado pelo fabricante, que poderia conferir à argamassa características como elevada porosidade e permeabilidade.

O fabricante foi acionado e, por se tratar de um produto em desenvolvimento, disponibilizou outro lote de argamassa, pois a anterior estava apresentando características

diferentes, apontando possível defeito. Uma nova mistura foi preparada nas proporções recomendadas já na primeira tentativa, com o novo lote de argamassa monocomponente, 1000 g de pó para 330 ml de água. Foi realizada a cura úmida por três dias e desmoldagem com sete dias de cura no total. Os corpos de prova apresentaram boa consistência e trabalhabilidade, conforme Figura 3d, assim foi possível continuar o ensaio.

Figura 3: Preparação da argamassa polimérica monocomponente m1: (a) consistência final na primeira tentativa, (b) aspecto do corpo de prova endurecido na primeira tentativa, (c) corpo de prova com retração na segunda tentativa e (d) consistência da argamassa m1 na terceira tentativa



Fonte: Próprios autores (2018).

4.2.2 Ensaios realizados

Os ensaios realizados tiveram seus resultados comparados com os requisitos de desempenho mínimo para membrana sem armadura da NBR 15885 - Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Requisitos de desempenho mínimo para membrana sem armadura

Item	Requisitos		Unidade	Parâmetros Membrana de polímeros acrílicos com cimento	Método de ensaio
1	Resistência de ruptura à tração no alongamento	Força na tração mínima	N	50	ABNT NBR 9952
		Alongamento de ruptura na carga máxima	%	30	
2	Absorção de água (máximo)		%	12	ASTM D 570
3	Estanqueidade positiva		m.c.a	25	ABNT NBR 10787
4	Aderência (mínimo)		MPa	0,5	ABNT NBR 12171
5	Flexibilidade à baixa temperatura (mínimo 0°C)		°C	Não fissura	ABNT NBR 9952

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15885 (ABNT, 2010).

4.2.2.1 Ensaio de resistência de ruptura à tração no alongamento

- Materiais

77 formas de 50x300 mm

11 corpos de prova da argamassa monocomponente m1 moldadas conforme o item 4.2.1, na terceira tentativa

Água

Argamassadeira

Argamassas impermeabilizantes bicomponentes

Balança

Béquer 1000 ml

Béquer 500 ml

Desmoldante

Dispositivo 1 para adaptação

Dispositivo 2 para adaptação

EPI's (óculos de proteção, luva e máscara)

Escova

Espátula

Máquina de ensaio de tração, compressão e flexão Shimadzu, com célula de carga de 50kN

Makita

Serrinha

Trincha

Vasilha

- Procedimentos para o ensaio

Com a finalidade de classificar a argamassa m1 em flexível ou semiflexível, além de obter sua resistência de ruptura à tração no alongamento e ver se atingia o mínimo exigido em norma, foram realizados ensaios com esse produto e com outras sete argamassas bicomponentes de flexibilidade conhecida, nomeadas b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7. Os corpos de prova da argamassa monocomponente m1 foram moldados conforme já mostrado na seção 4.2.1, sendo utilizados os que foram feitos na terceira tentativa.

De cada argamassa foram retirados 11 corpos de prova de 50x300 mm, com 3 mm de espessura, conforme as formas da Figura 2a (1).

Foi seguido o método de ensaio da norma NBR 9952 - Manta asfáltica para impermeabilização, adaptando ao material utilizado por não ter disponibilidade de uma norma específica para este tipo de produto, como já citado. Nesse caso também foi passado o desmoldante nas formas, com o auxílio de uma trincha após a limpeza com uma escova.

Foi seguida a orientação de cada fabricante, sendo que as argamassas bicomponentes foram moldadas nas seguintes proporções:

Argamassa b1: 1 parte do componente A para 3,5 partes do B, ou seja, 1000 ml do líquido e 3500 g do pó.

Argamassa b2: 1000 ml do líquido e 3390 g do pó.

Argamassa b3: 1000 ml do líquido e 3500 g do pó.

Argamassa b4: 1000 ml do líquido e 3500 g do pó.

Argamassa b5: 1000 ml do líquido e 3500 g do pó.

Argamassa b6: 1500 ml do líquido e 3205 g do pó.

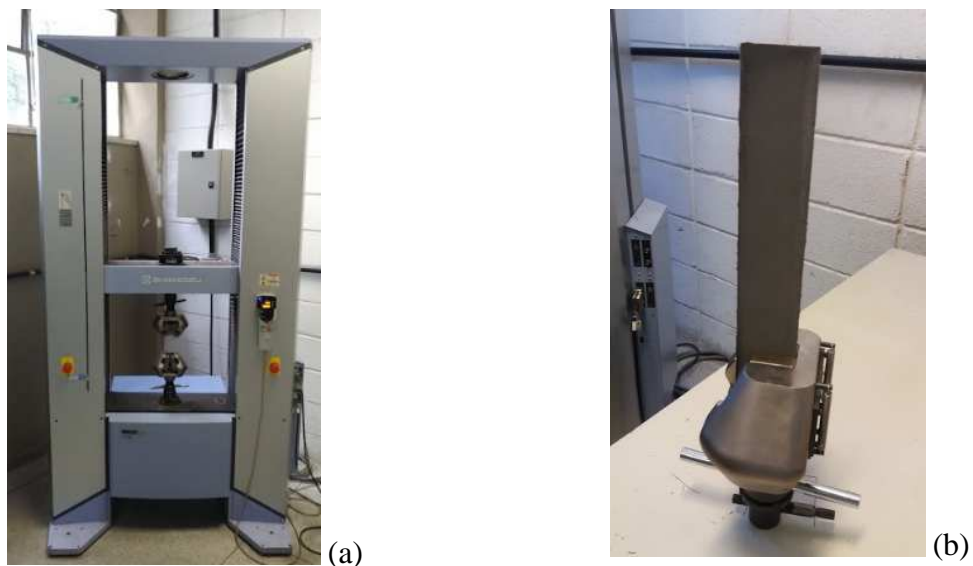
Argamassa b7: 1270 ml do líquido e 3500 g do pó.

Com a utilização dos EPI's, os componentes foram colocados um de cada vez na argamassadeira, até ficar uma massa homogênea, por aproximadamente 5 minutos. Com a mistura pronta, moldou-se os corpos de prova nas formas, que foram desmoldados após sete dias.

- O ensaio com todas as argamassas

Os corpos de prova foram posicionados na máquina Shimadzu, Figura 4a, e foi observado que as dimensões não eram compatíveis, de forma que parte do corpo de prova ficava para fora das garras da máquina, Figura 4b, assim a carga aplicada pela máquina de ensaio não seria transmitida uniformemente nas pontas do corpo de prova.

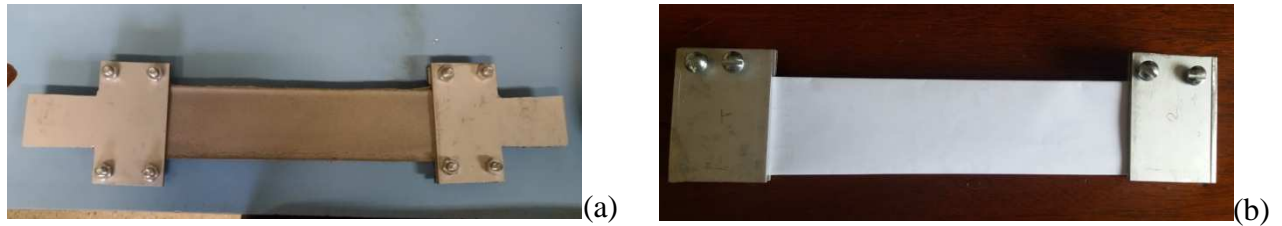
Figura 4: Ensaio de tração: (a) Máquina Shimadzu utilizada nos ensaios de tração no alongamento e (b) corpo de prova ultrapassando as garras da máquina



Fonte: Próprios autores (2018).

Para adequar os corpos de prova à máquina, foram testados dois dispositivos. O primeiro, Figura 5a, foi feito em alumínio composto (ACM) com forma de “T”, contendo parafusos na base mais larga para prender o corpo de prova, sendo que a garra da máquina se fixava na extremidade oposta, na qual a carga era aplicada. O segundo, Figura 5b, foi feito em alumínio, com parafusos em apenas uma extremidade, permitindo que o corpo de prova fosse abraçado pelas garras da máquina e, conseqüentemente, a carga aplicada para segurar o corpo de prova fosse proveniente da máquina, e não manualmente como no dispositivo anterior.

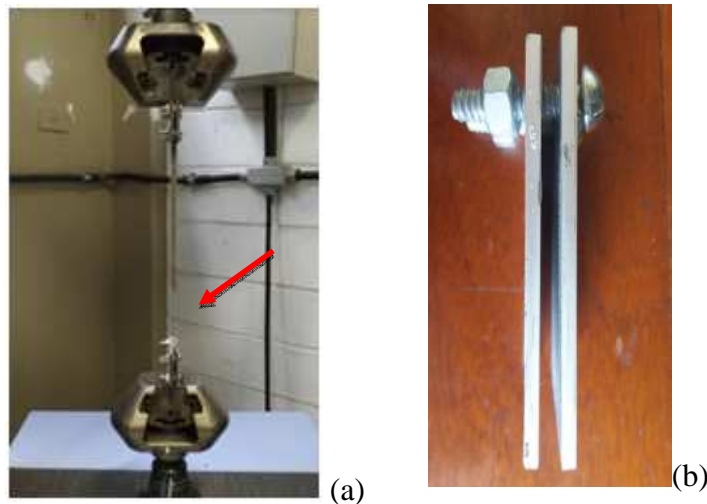
Figura 5: Dispositivos: (a) Primeiro e (b) segundo dispositivos testados



Fonte: Próprios autores (2018).

Porém, o primeiro dispositivo tinha como resultado o rompimento dos corpos de prova na extremidade (Figura 6a), situação não aceita pela norma. No caso do segundo dispositivo, a espessura (Figura 6b), ficou maior que a abertura das garras, não sendo possível o seu encaixe na máquina, portanto não foi possível utilizar esse procedimento.

Figura 6: Ensaio de tração com a utilização de dois dispositivos: (a) adaptação do corpo de prova com o primeiro dispositivo na máquina de tração depois do ensaio e (b) detalhe do segundo dispositivo testado, que teve a espessura final maior que a abertura da garra da máquina



Fonte: Próprios autores (2018).

Com a finalidade de adaptar os corpos de prova à máquina de ensaio Shimadzu, após as falhas dos dois dispositivos elaborados, os corpos de prova foram cortados com uma serrinha e Makita, ficando com dimensões de 40x300 mm, possibilitando que toda sua largura nas extremidades fosse abraçada pelas garras, conforme Figura 7. Isto foi possível devido ao entendimento de que o ensaio configurou em uma adaptação da norma, assim, os ajustes se fizeram necessários para conseguir obter resultados com este material.

Os ensaios foram realizados com tempos de cura diferentes, conforme disponibilidade de utilização da máquina de ensaio. A velocidade de afastamento das garras foi de 100 ± 5 mm/min.

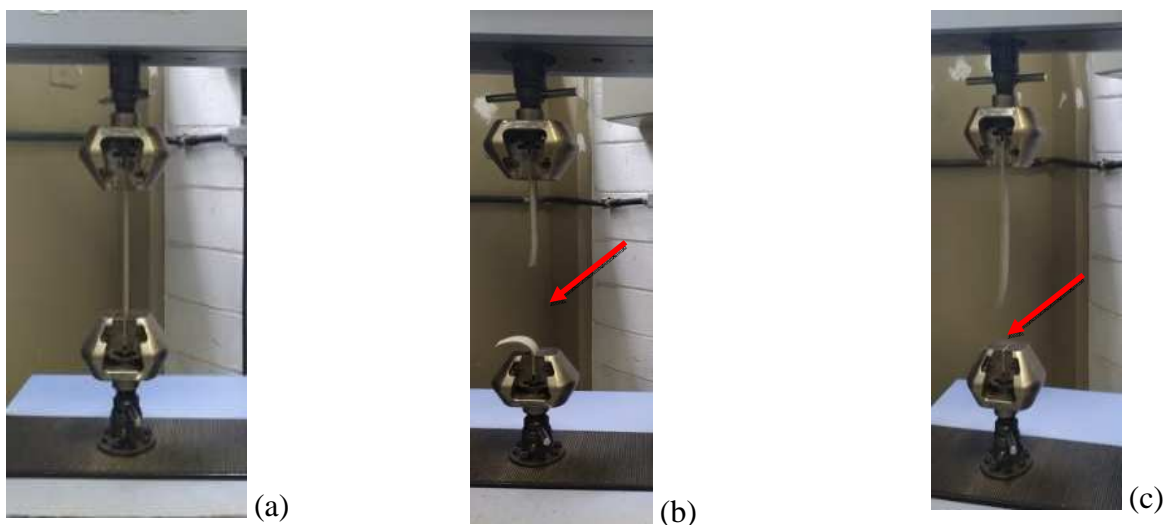
Figura 7: Corpos de prova com tamanhos adaptados para a máquina de tração



Fonte: Próprios autores (2018).

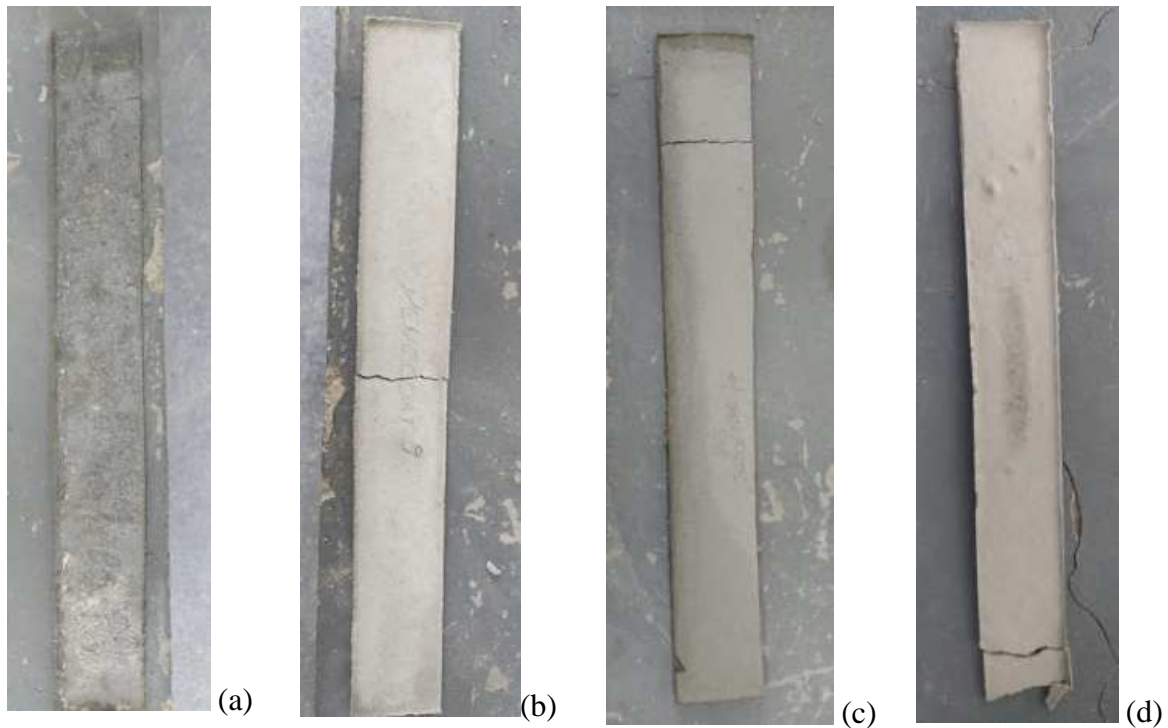
Nos ensaios, obtiveram-se diferentes locais de rupturas nos corpos de prova: ruptura ao longo do corpo, ruptura na altura das garras da máquina e ruptura dos corpos de prova ao posicioná-los nas garras, antes mesmo do ensaio iniciar, como mostrado nas Figuras 8(a, b, c) e 9(a, b, c, d).

Figura 8: Ensaio de tração no alongamento: (a) antes da tração, (b) corpo de prova após a ruptura por tração e (c) ruptura nas garras, resultado não válido pela norma



Fonte: Próprios autores (2018).

Figura 9: Corpos de prova do ensaio de tração: (a) antes do ensaio, (b) depois do ensaio, com ruptura no meio do corpo de prova, (c) depois do ensaio, com ruptura nas garras da máquina e (d) ruptura do corpo de prova ao posicioná-lo nas garras, antes do ensaio iniciar



Fonte: Próprios autores (2018).

Para o cálculo para o alongamento utiliza-se a Equação 1, sendo importante conhecer a distância inicial entre as garras da máquina de ensaio, que é de 200mm.

$$A = [(L-L_0)/L_0]*100 \quad (1)$$

Sendo:

L: Distância final entre garras no momento da ruptura

L₀: Distância inicial entre garras (200 mm)

4.2.2.2 Ensaio de absorção de água

- Materiais e métodos

3 corpos de prova da argamassa m1 moldados no item 4.2.1, na terceira tentativa

Água deionizada

Balança

EPI's (óculos de proteção, luva e máscara)

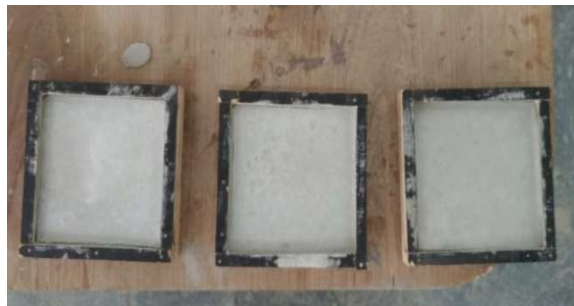
Estufa

Pano

Seguiu-se o método de ensaio da norma ASTM D570: *Standard test method for water absorption of plastics*, utilizando três corpos de prova de 100x100 mm e 3 mm de espessura, conforme Figura 2a (3).

Os corpos de prova da argamassa monocomponente m1 (Figura 10) foram moldados com o segundo lote do material disponibilizado, conforme a seção 4.2.1, na terceira tentativa.

Figura 10: Moldagem dos corpos de prova da argamassa m1 do segundo lote



Fonte: Próprios autores (2018).

Com três dias de cura úmida e sete dias de cura no total, os corpos de prova foram desmoldados (Figura 11a), pesados (peso p_1) (Figura 11b) e colocados em um forno à temperatura de ± 50 °C durante 24 horas.

Figura 11: Corpos de prova para o ensaio de absorção (a) Corpos de prova da argamassa m1 curados e (b) sendo pesados



(a)

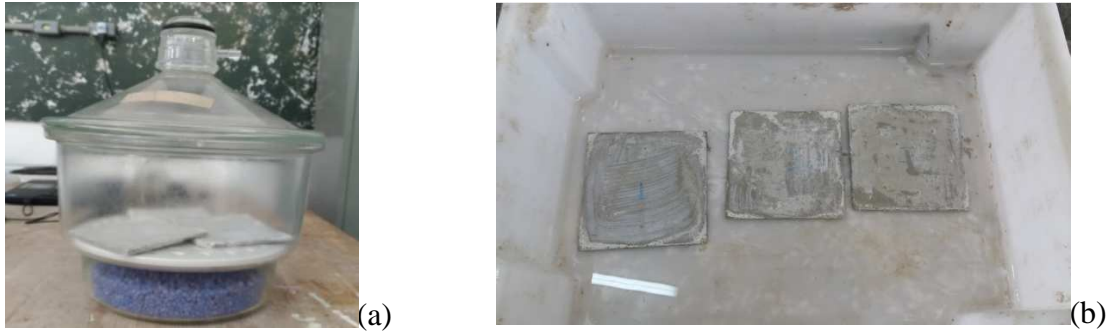


(b)

Fonte: Próprios autores (2018).

Em seguida foram resfriados em um dessecador (Figura 12a), pesados (peso p2) e colocados em água deionizada (Figura 12b). Após 24 horas, foram secos rapidamente por um pano, pesados (peso p3) e colocados novamente na água deionizada. Seguiu-se o procedimento de imersão indicado no item 7.4 da norma ASTM.

Figura 12: Corpos de prova: (a) resfriando no dessecador e (b) submersos na água deionizada



Fonte: Próprios autores (2018).

No fim da primeira semana, os corpos de prova foram secos com pano novamente, pesados (peso p4) e colocados na água por mais duas semanas. As pesagens foram realizadas a cada duas semanas, até atingir o tempo máximo para a finalização deste trabalho.

Para o cálculo da absorção de água utilizou-se a Equação 2:

$$\% \text{ de água absorvida} = (\text{peso molhado} - \text{peso condicionado}) / \text{peso condicionado} * 100 \quad (2)$$

Sendo o peso condicionado, o obtido após 24h no forno.

4.2.2.3 Ensaio de flexibilidade à baixa temperatura

- Materiais e métodos

20 corpos de prova da argamassa monocomponente m1 moldadas conforme o item 4.2.1, na terceira tentativa

Cronômetro

EPI's (óculos de proteção, luva e máscara)

Geladeira/congelador

Máquina de ensaio

Termômetro

Foi seguido o método de ensaio da norma NBR 9952 - Manta asfáltica, como adaptação, utilizando 20 corpos de prova de 150x50 mm e 3 mm de espessura (Figura 2a (2)), sendo que para cada temperatura necessária de -10°C , -5°C , 0°C , 5°C e 10°C , foram utilizados os cinco corpos de prova moldados conforme seção 4.2.1, na terceira tentativa (Figura 13).

Figura 13: Corpos de prova para o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, já desformados

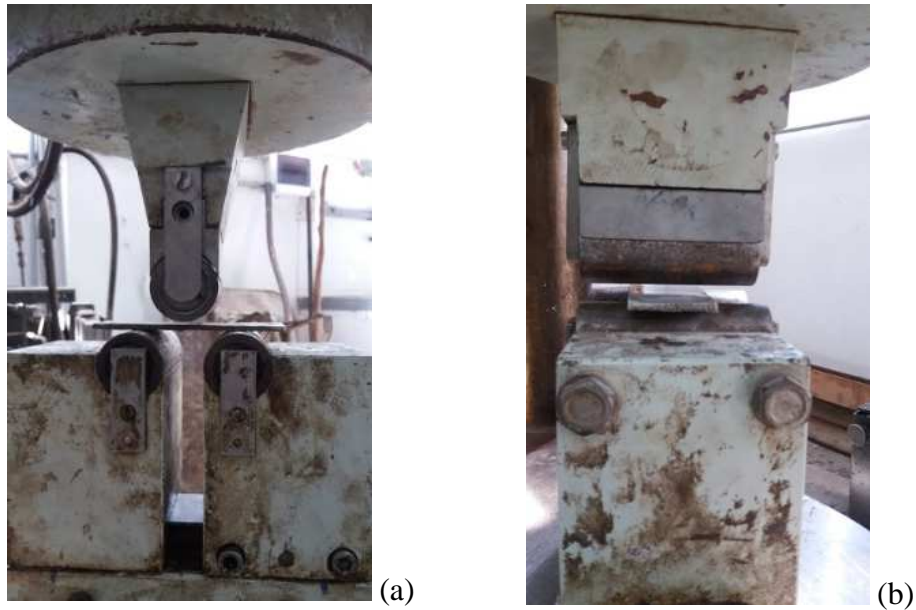


Fonte: Próprios autores (2018).

Com três dias de cura úmida e sete dias de cura no total, os corpos de prova foram colocados em uma geladeira e congelador, nas temperaturas de -10°C , -5°C , 0°C , 5°C e 10°C , sendo monitorados com um termômetro.

Em todos os casos, atingido duas horas no congelador, na temperatura desejada, os corpos de prova foram ensaiados, colocando-os no equipamento e sendo submetidos a uma carga durante 5 segundos cada, de acordo com os procedimentos da Norma (Figura 14a, b).

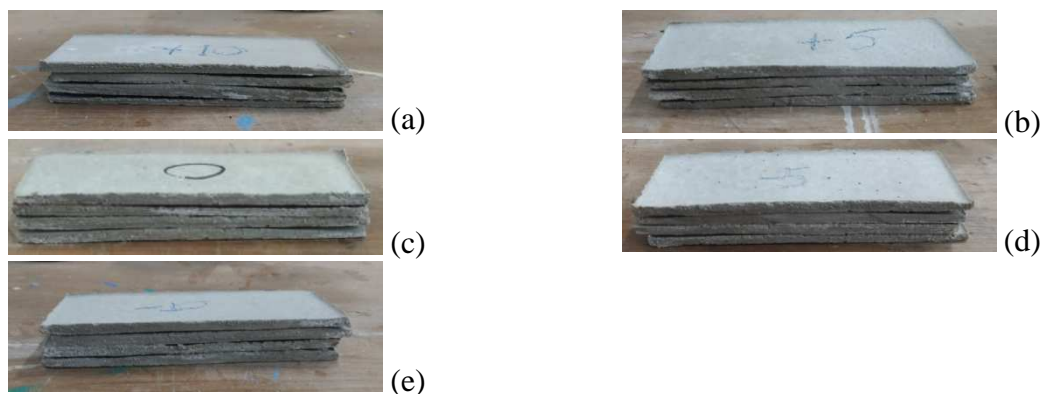
Figura 14: Corpo de prova da argamassa m1 posicionado na máquina utilizada no ensaio de flexibilidade à baixa temperatura: (a) vista frontal e (b) vista lateral



Fonte: Próprios autores (2018).

Na Figura 15(a, b, c, d, e), observa-se os corpos de prova após os ensaios, e na Figura 16 mostra-se o detalhe do ensaio.

Figura 15: Corpos de prova após o ensaio: (a) Corpos de prova submetidos à temperatura de 10°C, (b) à 5°C, (c) à 0°C, (d) à -5°C e (e) à -10°C



Fonte: Próprios autores (2018).

Figura 16: Detalhe do ensaio do corpo de prova para a temperatura de -10°C



Fonte: Próprios autores (2018).

A norma estabelece que os ensaios devem ser feitos dentro de uma câmara frigorífica, porém não foi possível seguir esse procedimento pela falta de equipamentos de tamanhos adequados. Neste caso ocorreu uma improvisação com congelador e os ensaios foram realizados imediatamente após a retirada dos corpos de prova do mesmo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE RUPTURA À TRAÇÃO NO ALONGAMENTO

Para as Tabelas 1 a 10, que mostram os resultados do ensaio, considerar:

(*) Corpo de prova que se rompeu antes do ensaio, ao posicioná-lo nas garras.

(**) Corpo de prova que se rompeu nas garras da máquina. Resultado não válido pela norma.

Tabela 3: Argamassa monocomponente m1

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	138,9980 (**)	200,75475	0,38
2	97,9730 (**)	----	----
3	103,0127	200,587979	0,29
4	168,3633	200,838083	0,42
5	193,0952 (**)	201,054771	0,53
6	181,3730 (**)	200,521417	0,26
7	265,0181 (**)	201,20475	0,60
8	140,5001 (**)	201,004667	0,50
9	101,4789	200,838104	0,42
10	95,0495 (**)	200,554667	0,28
11	195,2012	201,171375	0,59

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 4: Argamassa bicomponente b1

(continua)

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	---- (*)	----	----
2	299,50 (**)	202,221396	1,11
3	52,91 (**)	205,970146	2,99

Tabela 4: Argamassa bicomponente b1

(conclusão)

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
4	25,51 (**)	200,920125	0,46
5	126,38 (**)	203,620104	1,81
6	---- (*)	----	----
7	---- (*)	----	----
8	72,76 (**)	200,570083	0,29
9	---- (*)	----	----
10	---- (*)	----	----
11	---- (*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 5: Argamassa bicomponente b2

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	---- (*)	-----	----
2	15,66	210,60417	5,30
3	65,61 (**)	208,137729	4,07
4	167,89 (**)	200,621396	0,31
5	264,42 (**)	201,171104	0,59
6	---- (*)	----	----
7	259,17 (**)	201,00475	0,50
8	---- (*)	----	----
9	---- (*)	----	----
10	---- (*)	----	----
11	---- (*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 6: Argamassa bicomponente b3

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	---- (*)	----	----
2	---- (*)	----	----
3	---- (*)	----	----
4	---- (*)	----	----
5	---- (*)	----	----
6	---- (*)	----	----
7	---- (*)	----	----
8	---- (*)	----	----
9	---- (*)	----	----
10	---- (*)	----	----
11	---- (*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 7: Argamassa bicomponente b4

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	218,0338(**)	201,921458	0,96
2	402,5698(**)	202,004792	1,00
3	658,2500(**)	205,088083	2,54
4	467,4830(**)	202,388167	1,19
5	414,4910(**)	201,104687	0,55
6	251,0470(**)	203,604729	1,80
7	342,7590(**)	200,421375	0,21
8	249,9739(**)	200,7714167	0,39
9	407,4176(**)	203,171354	1,59
10	21,47457(**)	201,786771	0,89
11	----(*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 8: Argamassa bicomponente b5

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	19,16091(**)	201,070104	0,54
2	4,442533(**)	214,52031	7,26
3	----(*)	----	----
4	35,36542(**)	201,120062	0,56
5	92,89583(**)	200,5378541	0,27
6	106,2393	200,4381042	0,22
7	92,5382	200,2220417	0,11
8	----(*)	----	----
9	----(*)	----	----
10	----(*)	----	----
11	----(*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 9: Argamassa bicomponente b6

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura(mm)	Alongamento calculado (%)
1	161,48	214,07133	7,04
2	196,36	209,954687	4,98
3	---- (*)	----	----
4	187,89 (**)	238,32141	19,16
5	168,34	219,68804	9,84
6	201,09	221,82142	10,91
7	176,89	220,28804	10,14
8	---- (*)	----	----
9	---- (*)	----	----
10	174,62	226,18808	13,09
11	112,96	209,438042	4,72

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 10: Argamassa bicomponente b7

CP	Carga máxima (N) - diagrama	Distância final entre garras na ruptura (mm)	Alongamento calculado (%)
1	125,92	325,1214	62,56
2	124,35 (**)	296,85473	48,43
3	112,72	331,6547	65,83
4	102,77 (**)	261,28806	30,64
5	---- (*)	----	----
6	120,85 (**)	277,87133	38,94
7	101,26	302,7381	51,37
8	123,16	328,0214	64,01
9	108,70 (**)	317,5547	58,78
10	---- (*)	----	----
11	---- (*)	----	----

Fonte: Próprios autores (2018).

Muitos corpos de prova tiveram rompimento na base, resultado não válido pela norma, ou romperam antes mesmo de iniciar o ensaio, ao posicioná-los nas garras da máquina. É importante ressaltar que a norma utilizada é destinada para manta asfáltica, e por ser um impermeabilizante flexível, o rompimento na base pode apontar problemas na sua flexibilidade, sendo uma possível justificativa para considerar o resultado não válido.

Foram executados 11 corpos de prova para cada argamassa, sendo que a norma exige 9 resultados válidos, ou seja, foram realizados 2 corpos de prova a mais por precaução. Porém, como a máquina de ensaio não era adequada para o tipo de material testado, e nem a norma utilizada era específica para o material ensaiado, não foi obtido o número suficiente. Devido ao pouco tempo, não foi possível realizar novos ensaios para obter os 9 resultados válidos exigidos pela NBR 9952.

Esse ensaio tinha dois objetivos:

- 1) Analisar os resultados do ensaio da argamassa monocomponente m1 e verificar se atende aos requisitos da norma;
- 2) Observar os resultados dos ensaios das argamassas bicomponentes b1 a b7, dentre elas flexíveis e semiflexíveis, e comparar com os resultados da

argamassa monocomponente m1, verificando com qual se aproxima mais, classificando-a, portanto, em flexível ou semiflexível.

Tem-se conhecimento de que as argamassas poliméricas são classificadas em impermeabilizantes cimentícios, segundo a NBR 9575. É um sistema de impermeabilização rígido, porém é usual no mercado classificar as argamassas poliméricas impermeabilizantes em flexível ou semiflexível, pois há uma diferença na flexibilidade entre os produtos comercializados, sendo alguns mais flexíveis que os outros. Este trabalho tem como um dos objetivos classificar a argamassa polimérica monocomponente em flexível ou semiflexível, pois considera-se essa classificação importante, uma vez que a escolha do impermeabilizante depende dos locais a serem impermeabilizados, que são diferentes para as flexíveis e as semiflexíveis.

Observa-se que todos os resultados do ensaio da argamassa monocomponente m1, tanto os válidos quanto os não válidos, atingem o mínimo exigido na norma em relação à carga máxima, porém não atingem no alongamento.

Considerando que apenas a argamassa impermeabilizante monocomponente m1 estava sob análise quanto ao requisito da norma, apenas ela precisaria ter 9 resultados válidos. As outras argamassas foram ensaiadas com outro propósito, sendo observados seus comportamentos.

Observa-se que as argamassas bicomponentes semiflexíveis (b1, b2, b3, b4 e b5) romperam antes mesmo do início do ensaio, ao posicioná-las nas garras, ou apresentaram baixos alongamentos. Fato que podem ser devido suas maiores rigidez.

As argamassas bicomponentes flexíveis (b6 e b7) foram as que melhores responderam ao ensaio. Nota-se que obtiveram alongamentos maiores que as demais argamassas, evidenciando tratar-se de argamassas mais flexíveis.

Observa-se que a argamassa monocomponente apresentou alongamentos baixos, que se assemelham mais aos das argamassas bicomponentes semiflexíveis.

Evidencia-se que o ensaio realizado mostrou uma certa eficiência para classificar as argamassas quanto suas flexibilidades, uma vez que as semiflexíveis tiveram comportamento semelhantes e baixos alongamentos, e as flexíveis maiores alongamentos. Porém, utilizou-se esse ensaio como estudo inicial, sendo necessários mais ensaios e estudos a fim de confirmar a flexibilidade da argamassa m1.

Observa-se que a argamassa em estudo respondeu melhor ao ensaio de tração no alongamento que as outras semiflexíveis, pois apresentou mais resultados válidos e não se

rompeu simplesmente ao posicionar o corpo de prova nas garras da máquina, comportamento que mais ocorreu com as demais semiflexíveis. Consequentemente pode-se suspeitar que é uma argamassa que resiste mais à maiores solicitações que as outras semiflexíveis.

Considera-se importante a realização deste ensaio devido às solicitações que as estruturas estão sujeitas. Por mais que as argamassas poliméricas impermeabilizantes semiflexíveis sejam indicadas para utilização em locais não sujeitos às fissuras, por exemplo, é interessante ter conhecimento sobre a carga de tração máxima que ela pode ser submetida, além de que esse ensaio se mostrou eficiente para uma caracterização inicial da flexibilidade das argamassas poliméricas impermeabilizantes.

5.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

5.2.1 Pesos dos corpos de prova

A Tabela 11 a seguir mostra as pesagens dos corpos de prova, realizadas no ensaio de absorção de água.

Tabela 11: Pesagens dos corpos de prova conforme moldagem do item 4.2.1, na terceira tentativa

CP	p1 (1)	p2 (2)	p3 (3)	p4 (4)	p5 (5)	p6 (6)	p7 (7)	p8 (8)	p9 (9)
1	57,0 g	55,8 g	63,1 g	63,1 g	65,8 g	63,7 g	68,4 g	68,6	68,7
2	56,5 g	54,8 g	62,4 g	62,4 g	64,1 g	64,1 g	64,4 g	65,4	66,3
3	48,4 g	47,2 g	53,7 g	53,6 g	55,8 g	57,9 g	59,8 g	58,7	59,4

Fonte: Próprios autores (2018).

(1): Peso antes do forno

(2): Peso após 24h no forno e resfriamento no dessecador

(3): Peso após 24h na água

(4): Peso no fim da 1ª semana na água

(5): Peso após mais 2 semanas na água

(6): Peso após mais 2 semanas na água

(7): Peso após mais 2 semanas na água

(8): Peso após mais 2 semanas na água

(9): Peso após mais 2 semanas na água

Observa-se que algumas pesagens dos corpos de prova submersos em água deionizada apresentam um decréscimo, que provavelmente pode ser explicado pela variação da quantidade de água presente nos corpos de prova após a secagem com pano antes da pesagem.

5.2.2 Absorção de água

A ASTM D570 preconiza que o peso molhado seja o valor obtido ao final do ensaio, sendo que este deve ser finalizado quando o incremento em peso, a cada duas semanas, mostrado por três pesagens consecutivas, tenha em média 1% do aumento total em peso ou 5mg, o que for maior. Porém, devido ao prazo limite para finalização deste trabalho, o ensaio foi finalizado mesmo não se atingindo essa exigência da norma, obtendo ao final o valor p9. Apesar desta restrição, observa-se na Tabela 12, que os três corpos de prova apresentam uma absorção maior que 12%, sendo este o valor máximo permitido pela NBR 15885. Nota-se que mesmo continuando com os ensaios até obter a diferença na pesagem preconizada pela ASTM, a absorção já teria extrapolado o máximo permitido pela norma brasileira.

A partir da Equação 2, a Tabela 12 apresenta os valores obtidos com a fórmula:

- % de água absorvida = $(p9-p2)/p2*100$

Tabela 12: Porcentagem de absorção de água

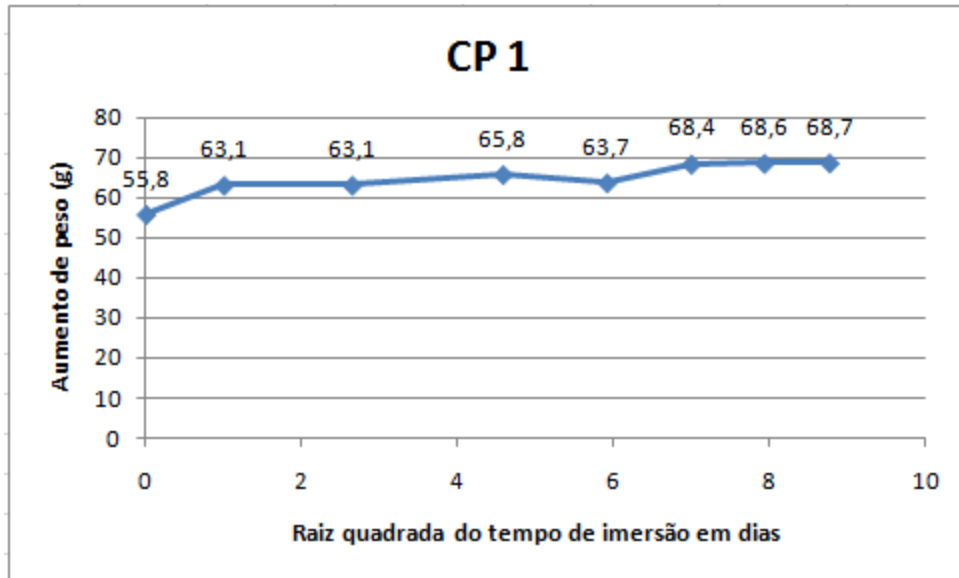
CP	% de água absorvida
1	23%
2	21%
3	26%

Fonte: Próprios autores (2018).

A ASTM D570 pede que sejam feitos gráficos dos aumentos de peso como uma função da raiz quadrada de cada tempo de imersão, isto é, depois que os corpos de prova são retirados do dessecador e imersos em água (Figuras 17, 18 e 19). Neste caso, as pesagens ocorrem com os tempos: 0, 1, 7, 21, 35, 49, 63 e 77 dias. Caracteriza o declive inicial do gráfico como

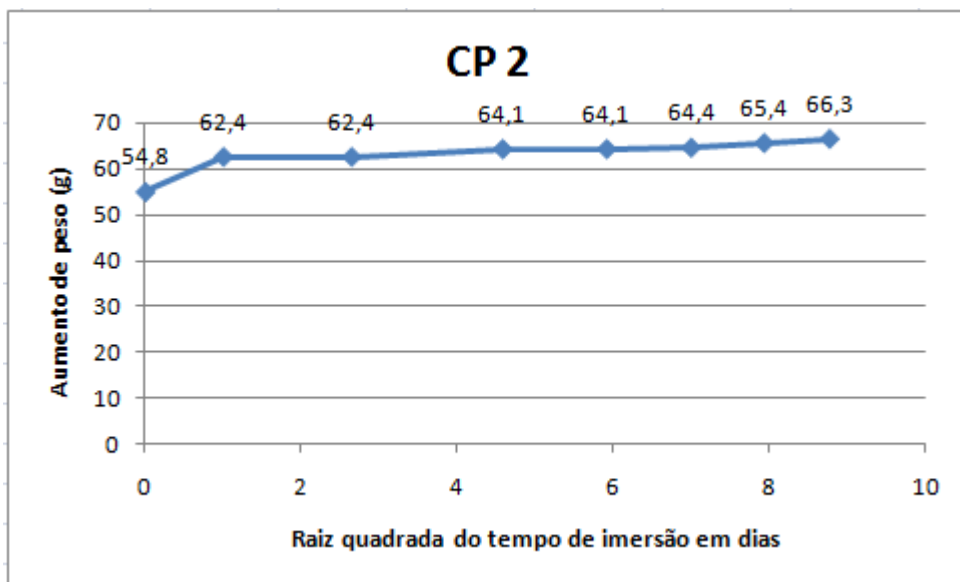
sendo proporcional à difusão constante da água no material, e quando as pesagens apresentam pouca inclinação, significa a saturação de água.

Figura 17: Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 1



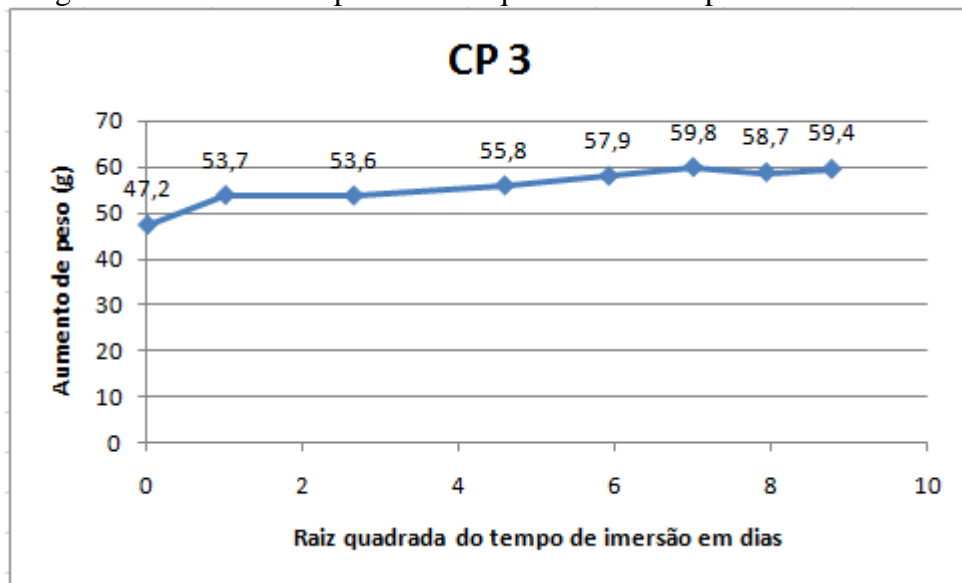
Fonte: Próprios autores (2018).

Figura 18: Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 2



Fonte: Próprios autores (2018).

Figura 19: Aumento de peso x Raiz quadrada do tempo de imersão do CP 3



Fonte: Próprios autores (2018).

Observa-se que o corpo de prova 1 é o que está mais próximo de ter a absorção de água estagnada, enquanto os corpos de prova 2 e 3 continuam absorvendo água.

Como se trata de um produto sujeito ao contato com água, é importante verificar o valor máximo de água que se pode absorver, mantendo a eficiência do impermeabilizante. Visto que um fabricante de uma das argamassas bicomponentes analisadas efetuou o ensaio de absorção, indica-se a preocupação quanto essa propriedade, bem como sua importância. Como a argamassa m1 apresentou uma absorção maior que a permitida pela norma, acredita-se ser necessário analisar o comportamento de outras argamassas poliméricas impermeabilizantes quanto a esse ensaio, com a finalidade de verificar se o valor máximo exigido pela norma de membrana polimérica pode ser aplicado às argamassas poliméricas também.

5.3 ENSAIO DE FLEXIBILIDADE À BAIXA TEMPERATURA

A seguir, nas Tabelas 13, 14, 15, 16 e 17, são apresentados os resultados do ensaio de flexibilidade à baixa temperatura. É observado se há ou não fissuras nos corpos de prova após o procedimento de ensaio exigido na NBR 9952.

Tabela 13: Temperatura de 10°C

CP	Resultado do ensaio de flexão
1	Sem fissura
2	Sem fissura
3	Sem fissura
4	Sem fissura

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 14: Temperatura de 5°C

CP	Resultado do ensaio de flexão
1	Sem fissura
2	Sem fissura
3	Sem fissura
4	Com fissura*

Fonte: Próprios autores (2018).

* Houve uma falha na execução do ensaio, onde foi colocado um excesso de carga. O mandril superior desceu rapidamente, não sendo controlada a carga aplicada.

Tabela 15: Temperatura de 0°C

CP	Resultado do ensaio de flexão
1	Sem fissura
2	Sem fissura
3	Sem fissura
4	Sem fissura

Fonte: Próprios autores (2018).

Tabela 16: Temperatura de -5°C

CP	Resultado do ensaio de flexão
1	Sem fissura
2	Sem fissura
3	Sem fissura
4	Sem fissura

Fonte: Próprios autores (2018)

Tabela 17: Temperatura de -10°C

CP	Resultado do ensaio de flexão
1	Sem fissura
2	Sem fissura
3	Sem fissura
4	Sem fissura

Fonte: Próprios autores (2018).

Os corpos de prova não apresentaram fissuras e nem deformação após os ensaios. Entende-se que a qualidade da argamassa polimérica monocomponente m1 não é interferida por temperaturas entre 10°C e -10°C.

Considera-se importante a realização deste ensaio com o equipamento adequado, sem adaptações, para obter a confirmação deste resultado. Mas inicialmente acredita-se que este produto pode ser utilizado em locais com baixas temperaturas, até -10°C.

Considera-se que a importância deste ensaio ocorre principalmente ao utilizar o produto em locais com clima frio ou outras situações em que a impermeabilização esteja exposta a temperaturas entre 10°C a -10°C, portanto é relevante conhecer seu comportamento diante essas condições.

5.4 DIFICULDADES ENCONTRADAS

1. Foram utilizadas 115 formas feitas com madeirite de 10 mm para a realização dos ensaios. Devido à grande quantidade, houve uma certa demora para a confecção, postergando o início das análises.

2. O Departamento de Engenharia Civil não possui todos os equipamentos necessários para a execução dos ensaios, sendo necessária a utilização de outros departamentos ou a execução de adaptações, como no ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, onde era necessária a execução deste dentro de uma câmara frigorífica, porém por não possuir o equipamento, utilizou-se outros recursos, ensaiando os corpos de prova imediatamente após sua retirada da geladeira e congelador.

3. Não foram encontradas normas sobre argamassas poliméricas impermeabilizantes industrializadas que regulamentem os parâmetros solicitados pelo fabricante a serem estudados. Foram seguidas as recomendações das normas mais pertinentes, porém muitos ensaios tiveram que ser adaptados, sendo encontradas algumas dificuldades, como na adequação do corpo de prova à máquina de ensaio de tração.

4. Como se trata de um produto não muito conhecido, não se encontrou muita bibliografia disponível sobre argamassas poliméricas impermeabilizantes monocomponente, nem um estudo anterior para que pudéssemos nos basear.

5. A finalização dos ensaios e análises ficou atrasada devido à utilização inicial de um lote de argamassa monocomponente com defeito, tendo que ser refeitos todos os ensaios já executados.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a argamassa estudada foram comparados com os requisitos de desempenho mínimo para membrana sem armadura, conforme a NB5 15885 - Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização.

No ensaio de resistência de ruptura à tração no alongamento, para a argamassa polimérica monocomponente (m1) para impermeabilização, foram obtidos 4 resultados válidos, com uma carga máxima variando de 101,48N a 195,20N, e um alongamento variando de 0,29% a 0,59%. A norma estabelece como requisito na força na tração mínima um valor de 50N, e para o alongamento de ruptura na carga máxima um valor de 30%, no mínimo. Foram utilizados 11 corpos de prova, sendo que a norma exige 9 resultados válidos, porém devido aos problemas encontrados e ao curto tempo disponível, não foi possível realizar novos ensaios para obter mais 5 resultados válidos. Conclui-se, portanto, que os resultados válidos obtidos estão de acordo com a norma em relação à força na tração mínima, mas não atendem aos requisitos quando se trata do alongamento. Sem, contudo, observar que a norma usada (NBR 9952) foi elaborada para mantas asfálticas que fazem parte de um sistema de impermeabilização flexível, em contraposição com o material estudado que, pela teoria, se enquadra como sistema de impermeabilização rígido.

Ao analisar o alongamento das argamassas bicomponentes semiflexíveis, observa-se que a maioria possui um alongamento entre 0 a 2%. As argamassas bicomponentes flexíveis, por sua vez, possuem, na maioria, um alongamento de 4 a 5% e acima de 10%, chegando a quase 70%. Quanto à flexibilidade da argamassa m1, ao comparar os valores de alongamento com os das argamassas bicomponentes, classifica-se a argamassa monocomponente como semiflexível. Sua aparência e textura também se assemelham mais com as argamassas semiflexíveis estudadas. É importante reforçar que se tem conhecimento de que as argamassas poliméricas são parte do sistema de impermeabilização rígido, mas que dentro das argamassas poliméricas impermeabilizantes, no mercado, há a classificação de flexível e semiflexível devido às diferenças de flexibilidade que apresentam entre os produtos comercializados.

No ensaio de absorção, as pesagens foram interrompidas antes do indicado pela norma devido à necessidade da entrega deste trabalho de conclusão de curso. Foram obtidos valores de 21, 23 e 26% de absorção de água, sendo que é exigido no máximo 12% pela norma ASTM D570. Observa-se que mesmo não finalizando o ensaio como o recomendado, a argamassa monocomponente m1 ultrapassou a absorção máxima definida pela norma, possibilitando a conclusão de que o produto não atende a esse requisito.

No ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, os corpos de prova não apresentaram fissura ou rompimento em nenhuma das temperaturas analisadas, portanto a argamassa m1 está de acordo com a norma quanto a este ensaio.

Os ensaios de aderência e estanqueidade positiva já haviam sido realizadas pelo fabricante. O resultado do ensaio de aderência foi de 1,5 MPa para 7 dias e 1,7 MPa para 28 dias, e o resultado do ensaio de estanqueidade foi 0,5 MPa. Como a norma exige no mínimo 0,5 MPa e 25 mca (aproximadamente 0,25 MPa), como requisitos para os ensaios de aderência e estanqueidade positiva, respectivamente, a argamassa m1 atende à norma quanto a esses requisitos.

A NBR 15885 - Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização, aceita o lote quando os resultados dos ensaios atendem a todas as exigências da mesma, portanto, mediante a esta restrição, conclui-se que o lote da argamassa monocomponente em estudo não foi aceita por essa norma.

Entende-se que a não aceitação do lote da argamassa estudada, pela NBR 15885 (voltada para membranas impermeabilizantes), não implica em esse produto não ser uma boa alternativa para impermeabilização, visto que a norma utilizada como requisito não é destinada especificamente para o material analisado. Foi utilizada por conter os ensaios das propriedades que o fabricante desejava ter conhecimento, a fim de caracterizar melhor o novo produto fabricado. Além de que por não se ter conhecimento de estudos anteriores em materiais como esse, foi-se necessário utilizar alguma norma com valores mínimos e máximos exigidos para tais propriedades, para ter algo em que se basear. Ressalta-se que por mais que essa norma contemple os mesmos métodos de ensaio que a NBR 11905 (voltada para argamassas poliméricas) para estanqueidade positiva e aderência, é importante verificar se os demais valores mínimos exigidos para os outros ensaios sejam condizentes para argamassas poliméricas impermeabilizantes, já que se referem às membranas.

Acredita-se que mesmo que as propriedades estudadas neste trabalho não sejam contempladas na norma específica para este material, seus estudos possuem relevância devido às condições em que o produto será submetido quando utilizado em uma construção.

Considera-se que este trabalho teve os objetivos alcançados, uma vez que se avaliou o desempenho de uma argamassa polimérica monocomponente para impermeabilização quanto a sua resistência de ruptura à tração no alongamento, absorção de água e flexibilidade à baixa temperatura; bem como foi verificado se os resultados atingem os valores mínimos exigidos na NBR 15885; analisou-se a flexibilidade de outras argamassas poliméricas impermeabilizantes e caracterizou-se a flexibilidade da argamassa m1.

Evidencia-se que mais estudos devem ser realizados para poder ter um conhecimento melhor sobre argamassas poliméricas impermeabilizantes monocomponentes e seus benefícios para a construção civil.

6.1 SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTURAS

Com a finalidade de obter um melhor conhecimento sobre argamassas poliméricas impermeabilizantes monocomponente para impermeabilização, sugere-se realizar mais estudos, ensaiar outros lotes da argamassa e fazer novos ensaios.

No ensaio de tração utilizou-se uma máquina com célula de carga de 50kN, porém acredita-se que o material estudado é muito sensível, sendo recomendado refazer os ensaios com uma célula de carga menor, ou então que sejam feitas outras adaptações, já que a norma utilizada como método de ensaio é para manta asfáltica, pois não se encontrou uma norma para argamassa polimérica impermeabilizante industrializada. Os resultados dos novos ensaios podem ser analisados a fim de verificar se os valores para carga máxima e alongamento contidos na norma são condizentes para argamassas. Caso não sejam, cenário mais provável, recomenda-se ajustar esses valores para as argamassas.

Devido ao comportamento da argamassa m1, visto que dentre as argamassas semiflexíveis foi a que melhor respondeu ao ensaio de tração, sugere-se realizar estudos para que possa ser verificado se possui uma resistência maior frente às solicitações impostas às estruturas, podendo ser uma possível vantagem em relação às argamassas bicomponentes.

Recomenda-se ensaiar as argamassas poliméricas impermeabilizantes bicomponentes para absorção de água, objetivando analisar os valores obtidos, verificando se o requisito da NBR 15885 para membrana polimérica também se aplica às argamassas poliméricas. Acredita-se que, como as argamassas poliméricas bicomponentes analisadas neste trabalho já são comercializadas e possuem um bom desempenho, pode-se verificar o quanto de água esses produtos absorvem e considerar como parâmetro.

Sugere-se ensaiar outros lotes da argamassa m1, com a finalidade de verificar se algum lote é aceito pelas NBR 15885, ou se o material realmente não pode ser regulamentado pela mesma, sendo necessários ajustes nos valores de requisitos.

O fabricante da argamassa monocomponente realizou os ensaios contidos na NBR 11905, exceto o ensaio de variação de consistência após 60 minutos em relação à mistura no tempo inicial, portanto para o produto ser aceito por essa norma específica para argamassas poliméricas industrializadas para impermeabilização, é necessário realizar este ensaio e

atender ao requisito. Como a aceitação do produto por essa norma não é um dos objetivos deste trabalho, sugere-se sua realização em trabalhos posteriores.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D570-98**: standard test method for water absorption of plastics. West Conshohocken: ASTM, 1998.

ANTONELLI, G. R.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-GO. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11905**: argamassa polimérica industrializada para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575**: impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575**: impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: manutenção de edificações - requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9952**: manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15885**: membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BAUER, E.; VASCONCELOS, P. H. C.; GRANATO, J. E. Sistemas de impermeabilização e isolamento térmico. *In*: ISAIA, G.C. (ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Arte Interativa, 2007. v. 2. p.1355 - 1389.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 488 p.

BARROSO, G. F. *et al.* Sistemas de impermeabilizações: ênfase em manta asfáltica. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 5, n. 1, p. 42-57, 2015.

BÉRTOLO, T. A prova d'água. **Téchne**, São Paulo, n. 51. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/51/artigo287219-1.aspx>. Acesso em: 12 out. 2018.

CAPORRINO, C. F. **Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados**. São Paulo: Editora Pini, 2015. 124p. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2016/05/artigo-patologia-das-anomalias-em-alvenarias-e-revestimentos-argamassados/>. Acesso em: 9 jun. 2018.

CARMONA FILHO, A. Panorama da edificação sob a ótica da patologia. **Conexão AEC**, 2009. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/a/panorama-da-edificacao-sob-a-otica-da-patologia_1276. Acesso em: 1 jun. 2018.

CARVALHO, I. C.; PICANÇO, M. S.; MACEDO, A. N. Identificação de patologias em fachadas e metodologia de análise: estudos de casos na Universidade Federal do Pará. REEC - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 9, n. 2, out. 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/29559>. Acesso em: 11 out. 2018.

CICHINELLI, G. Estanqueidade garantida. **Téchne**, São Paulo, n.189. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/189/artigo288006-2.aspx>. Acesso em: 12 out. 2018.

CINCOTTO, M. A. Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. *In*: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1988, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 1988. p. 157-170.

COSTA NETO, E. A.; BARBOZA, A. S. R.; SANTOS, A. O. Análise da relação de causa e efeito de manifestações patológicas encontradas em habitações de interesse social da cidade de Maceió. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais [...]**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2010. 10 p.

DAFICO, D. A.; CAVALCANTE, M. C. O.; ALMEIDA, A. F. Estudo da eficiência de aditivos impermeabilizantes para argamassas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005; Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: SBTA, 2005. p. 1-9.

DIAS, S. C. *et al.* A importância das inspeções prediais na redução de patologias: estudo de caso em Teresina - PI. *In*: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 6., 2018, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: PATORREB, 2018. p. 1-11.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: Pini, 1994.

FRANÇA, A. A. V. *et al.* Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

GARCIA, C. C.; LIBÓRIO, J. B. L. A incidência de patologias geradas pela falta de controle e de qualidade e dos canteiros de obras. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1998, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 7 p.

HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR**. 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

KWIATKOWSKI, R. V.; SEIDLER, N. Estudo comparativo da eficiência de impermeabilizantes em fundações. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ENTAC, 2014.10 p.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das construções: procedimentos para diagnóstico e recuperação. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Usp**, São Paulo, n. 6., 1986. 35p.

LIMA, B. S. **Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares**. 2015. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

LIMA, D. J. N. **A manutenção na conservação do bom desempenho das edificações ao longo de sua vida útil**. 2016. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

LIMA, G. E. S. L.; SOUZA, K. D.; TIBIRIÇÁ, A. C. G. Investigação e diagnóstico de patologias relacionadas às fachadas de uma edificação. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ENTAC, 2014. p. 1-10.

MARTINELLI, R. Visando reduzir custos com sistema de impermeabilização, assim como no transporte, nova argamassa monocomponente é testada em residencial de Guarulhos (SP). **Téchne**, 2017. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2017/01/sika-conteudo-patrocinado/>. Acesso em: 20 out. 2018.

MELO, A. C. A. *et al.* Análise das patologias de um edifício com estrutura mista; concreto armado e alvenaria de vedação trabalhando como estrutural, na cidade do Recife. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 13., 2010, Canela. **Anais [...]**. Canela: ANTAC, 2010. p. 1-11.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. 2003. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, C. B. *et al.* Avaliação de desempenho de habitações sociais: patologias internas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA ECONOMIA DE CONSTRUÇÃO*, 6., 2009, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2009. 11 p.

PAZ, L.A.F. *et al.* Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas – TO. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr, p. 174-180, 2016.

PELACANI, V. L. **Responsabilidade na construção civil**. Curitiba: CREA-PR, 2010.

ROCHA, A. M.; KILPP, R.; KOHLER, R. Identificação de patologias e suas consequências em edificações na cidade de Ijuí, RS. *In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA*, 17.; FEIRA DE PROTÓTIPOS, 3., 2002, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo, 2002. 5p.

SABBATINI, F. H. *et al.* **Impermeabilização: sistemas e execução.** São Paulo, 2003. Notas de aula da disciplina Tecnologia da Construção de Edifícios II, USP.

SANTANA, A. M. S. Os reflexos da falta de qualidade na construção: estudo das patologias de revestimento internos nos prédios da UFSC. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2., 1993, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ANTAC, 1993. p. 65-73.

SILVA, I. S.; SALES, J. C. Patologias ocasionadas pela umidade: estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú. *In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS*, 9., 2013, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: CIPAN, 2013. p. 1-16.

SIMÕES, J. R. L.; TEMOCHE ESQUIVEL, J.; XAVIER, I. S. L. Influencia das patologias dos revestimentos cerâmicos no desempenho e qualidade dos edifícios. *In: NUTAU: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI*, 2., 1998, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 1998. 12 p.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** 2014. 120 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, J.C.S.; MELHADO, S.B. Diretrizes para uma metodologia de projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 17., 1997, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: ABEPRO, 1997. 9 p.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** 2008. 64 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.