

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Pâmela Molinar

**ESTUDO DE SELANTES DAS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÕES DE FACHADAS
COM REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

Santa Cruz do Sul

2021

Pâmela Molinar

**ESTUDO DE SELANTES DAS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÕES DE FACHADAS
COM REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil,
da Universidade de Santa Cruz do Sul
(RS), na área de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Marcus Daniel
Friederich dos Santos

Santa Cruz do Sul

2021

RESUMO

Atualmente, parte das manifestações patológicas surgem a partir de problemas nas juntas de movimentações, podendo ser devido à falta de especificações. No presente trabalho, foram ensaiados e analisados métodos, que influenciam e que podem evitar a causa de patologias. Três produtos foram selecionados, os quais passaram por ensaios de Dureza Shore A, a fim de verificar se os resultados especificados na ficha técnica de cada material condiz com a realidade; ensaios de tração visando um comparativo entre a resistência potencial de aderência para corpos de prova simulando juntas de movimentações com diferentes larguras de juntas e, ensaio de tração para analisar a elasticidade de tais produtos; análises de fio de corte e de adesão do selante na junta e por fim, ensaios para determinar a variação de massa e volume dos selantes, simulando a ação de intempéries. Ambos resultados foram satisfatórios, sendo condizentes com os dados informados nas fichas técnicas de cada material. Dessa forma, é possível concluir a qualidade dos produtos, bem como a confiabilidade nos resultados.

Palavras-chave: Selante. Juntas de movimentações. Fachadas com revestimentos cerâmicos. Patologias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Materiais e camadas constituintes mostrando os principais componentes do Revestimento cerâmico de fachadas	15
Figura 2 - Ilustração dos tipos de juntas e do Revestimento cerâmico de fachada..	30
Figura 3 - Junta de movimentação típica com corte total do emboço	32
Figura 4 - Configuração final do selante nas juntas de movimentações	34
Figura 5 - Selantes com fatores de forma inadequados	34
Figura 6 - Configuração típica das juntas seladas.....	35
Figura 7 - Posicionamento da tela para atenuação de fissuras.....	36
Figura 8 - Fator de acomodação dos selantes	51
Figura 9 - Seção de juntas de superfície e de trabalho: representação do fator de forma do selante.....	53
Figura 10 - Trincas em revestimento cerâmico de fachada.....	60
Figura 11 - Gretamento de placas cerâmicas.....	62
Figura 12 - Eflorescência em pastilhas cerâmicas	63
Figura 13 - Descolamento de placas cerâmicas em fachada	64
Figura 14 - Destacamento de revestimento cerâmico de fachada	65
Figura 15 - Perda de adesão do selante	68
Figura 16 - Ruptura coesiva de selante.....	70
Figura 17 - Craquelamento de selante PU em juntas de movimentações de fachada	71
Figura 18 - Manchamento de selante	71
Figura 19 - Durômetro Shore.....	75
Figura 20 - Corpos de prova moldados para o Ensaio de Dureza Shore A.....	76
Figura 21 - Execução do ensaio de Dureza Shore A	76
Figura 22 - Detalhamento dos corpos de prova	77
Figura 23 - Colagem das placas cerâmicas com argamassa colante AC III	78
Figura 24 - Máquina de ensaio universal preparada para ensaio de tração.....	79
Figura 25 - Corpo de prova sendo tracionado – vista frontal.....	79
Figura 26 - Curvas de tensão/deformação típicas.....	80
Figura 27 - Forma utilizada para moldar corpos de prova para o ensaio de elasticidade	81

Figura 28 - Preenchimento de selante na forma	81
Figura 29 - Fio de corte curto e longo	82
Figura 30 - Análise fio de corte adequado - selante MS.....	82
Figura 31 - Ensaio de adesão do selante à junta	84
Figura 32 - Análise de adesão do selante	84
Figura 33 - Preenchimento dos anéis metálicos com os selantes.....	85
Figura 34 - Anel metálico preenchido com selante pesado no ar, em balança com precisão de 0,01g.....	86
Figura 35 - Anel metálico preenchido com selante pesado no líquido, em balança com precisão de 0,01g.....	87
Figura 36 - Ensaio de tração nos corpos de prova do Selante MS	94
Figura 37 - Ensaio de tração nos corpos de prova do Selante PU.....	95
Figura 38 - Ensaio de tração nos corpos de prova do material Silicone.....	97
Figura 39 - Selante PU preparado para ensaio de tração	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grupos de absorção de água.....	21
Tabela 2 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.....	22
Tabela 3 - Estágios de abrasão.....	23
Tabela 4 - Codificação dos níveis das resistências químicas.....	24
Tabela 5 - Valores de coeficiente de dilatação térmica de materiais que constituem os revestimentos cerâmicos de fachadas	25
Tabela 6 - Coeficientes de absorção solar	26
Tabela 7 - Valores de módulo de elasticidade (E) de materiais que constituem os substratos e as camadas de revestimentos cerâmicos de fachadas.....	26
Tabela 8 - Propriedades fundamentais para argamassas colantes.....	28
Tabela 9 - Propriedades opcionais para argamassas colantes	28
Tabela 10 - Comportamento dos selantes	43
Tabela 11 - Classificação dos selantes elastoméricos quanto ao tipo de aplicação e ao substrato.....	44
Tabela 12 - Propriedades e características PU30	46
Tabela 13 – Principais tipos de selantes empregados em juntas de fachada e suas características – ADAPTADA	50
Tabela 14 - Fator de forma para diferentes tipos de selantes	52
Tabela 15 - Informações a serem fornecidas na especificação do selante	54
Tabela 16 - Vida útil de projeto (VUP)*	57
Tabela 17 - Classificação dos movimentos dos elementos construtivos quanto à sua natureza e à reversibilidade	59
Tabela 18 - Ocorrência de problemas patológicos na região das juntas em revestimentos cerâmicos de fachada	66
Tabela 19 - Possíveis causas de falhas em juntas seladas	72
Tabela 20 - Gradação da dureza da Borracha	75
Tabela 21 - Dureza Shore A – Selante MS	89
Tabela 22 - Dureza Shore A – Selante PU.....	90
Tabela 23 - Dureza Shore A – Silicone	90

Tabela 24 - Carga máxima suportada pelo selante MS para juntas de 10, 15 e 20mm	91
Tabela 25 - Carga máxima suportada pelo selante PU para juntas de 10, 15 e 20mm	92
Tabela 26 - Carga máxima suportada pelo Silicone para juntas de 10, 15 e 20mm	92
Tabela 27 - Profundidade das juntas e área dos corpos de prova	93
Tabela 28 - Resistência potencial de aderência à tração para o Selante MS	93
Tabela 29 - Resistência potencial de aderência à tração para o Selante PU.....	95
Tabela 30 - Resistência potencial de aderência à tração do silicone	96
Tabela 31 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Selante MS .	99
Tabela 32 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Selante PU..	99
Tabela 33 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Silicone	99
Tabela 34 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Selante MS	100
Tabela 35 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Selante PU.....	100
Tabela 36 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Silicone	101
Tabela 37 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa – Selante MS.....	101
Tabela 38 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa – Selante PU	101
Tabela 39 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa – Silicone	102
Tabela 40 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume – Selante MS.....	102
Tabela 41 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume – Selante PU	103
Tabela 42 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume – Silicone	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dureza Shore A – Selante MS.....	89
Gráfico 2 - Dureza Shore A – Selante PU	90
Gráfico 3 - Dureza Shore A – Silicone.....	91
Gráfico 4 - Resistência potencial de aderência à tração – Selante MS.....	94
Gráfico 5 - Resistência potencial de aderência à tração – Selante PU	96
Gráfico 6 - Resistência potencial de aderência à tração – Silicone.....	97
Gráfico 7 - Comparativo dos corpos de prova com junta de 10, 15 e 20mm.....	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Área de pesquisa	12
1.2	Delimitação da pesquisa	12
1.3	Objetivo geral e específicos	12
1.3.1	Objetivo Geral	12
1.3.2	Objetivo Específicos	12
1.4	Justificativa	13
2	REFERENCIAL TÉORICO	14
2.1	Sistema de revestimento cerâmico de fachada	14
2.1.1	Placas cerâmicas	18
2.1.1.1	Esmaltadas ou não esmaltadas	20
2.1.1.2	Método de fabricação	20
2.1.1.3	Grupos de absorção de água	20
2.1.1.4	Classes de resistência à abrasão superficial	23
2.1.1.5	Classes de resistência ao manchamento ou classes de limpabilidade	23
2.1.1.6	Classes de resistência ao ataque de agentes químicos	23
2.1.1.7	Aspecto superficial ou análise visual	24
2.1.2	Características das placas cerâmicas	24
2.1.1	Argamassa colante	27
2.2	Juntas	29
2.2.1	Juntas de movimentações	31
2.2.1.2	Substrato	37
2.2.1.3	Membrana Impermeabilizante	38
2.2.1.4	Limitador de Profundidade	38
2.2.1.5	Fita isoladora	39
2.2.1.6	Primer	40
2.3	Selantes	41
2.3.1	Dureza “Shore A”	44
2.3.2	Fator de acomodação	44
2.3.3	Módulo de elasticidade	45
2.3.4	Capacidade de extrusão	45

2.3.5	Adesão ao substrato	45
2.3.6	Durabilidade ao intemperismo natural ou acelerado	45
2.3.7	Manchamento do substrato	46
2.3.8	Tipos de selantes.....	46
2.3.8.2	Selantes acrílicos	47
2.3.8.2	Selantes de poliuretano	47
2.3.8.3	Selantes MS	48
2.3.8.4	Silicones.....	49
2.3.8.5	Silicones híbridos.....	50
2.3.9	Determinação da classe do selante	51
2.3.10	Profundidade do selante.....	52
2.3.11	Escolha do selante	53
2.4	Vida útil.....	55
2.5	Patologias	57
2.5.1	Trincas, fissuras e gretamento.....	59
2.5.2	Eflorescência	62
2.5.3	Descolamento e destacamento/desplacamento	64
2.5.4	Manifestações patológicas referente aos selantes	67
2.5.4.1	Perda de adesão	68
2.5.4.1	Falha coesiva do selante	69
2.5.4.2	Enrijecimento e craquelamento do selante.....	70
2.5.4.3	Manchamento do selante.....	71
3	METODOLOGIA.....	73
3.1	Dureza Shore A	74
3.1	Resistência potencial de aderência à tração	77
3.1.1	Ensaio de tração – Tensão de ruptura.....	77
3.1.2	Ensaio de tração – Elasticidade	80
3.2	Análise do fio de corte	82
3.3	Adesão do selante na junta	83
3.4	Determinação de mudança na massa e volume	85
3.4.1	Cálculo e expressão dos resultados – Mudança na massa.....	87

4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	89
4.1	Resultados do ensaio de Dureza Shore A.....	89
4.2	Resultado dos ensaios de tração, referente à resistência do potencial de aderência à tração	91
4.3	Resultado dos ensaios de tração, referente à elasticidade	98
4.4	Resultado dos ensaios de Determinação de mudança na massa e volume	101
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	106
	REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

Obtidas a partir de materiais cerâmicos, as placas cerâmicas são placas delgadas utilizadas em revestimentos de pisos e paredes (Ribeiros e Barros, 2010).

Segundo Timellini e Palmonari (2004) o termo “cerâmico” é utilizado, tradicionalmente, para os produtos obtidos a partir das misturas de argila, areia e outras substâncias naturais que, após uma mistura apropriada, dão origem a componentes de formato específico que só queimados a alta temperatura (de 1.000 a 1250°C), conferindo-lhes suas importantes características físicas (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Atualmente a indústria da construção civil, nos cenários nacional e internacional, tem sido reconhecida pelo uso de novos materiais e desenvolvimento de tecnologias construtivas pouco abordadas cientificamente. Referente ao sistema de revestimento de fachada, apesar desta evolução tecnológica em curso, é crescente a incidência de manifestações patológicas com origens diversas (ANTUNES, 2010).

O revestimento de fachada complementa as funções da vedação vertical, da qual faz parte, juntamente com as alvenarias e esquadrias. Desse modo, cumpre nos edifícios as importantes funções de proteção contra a ação de agentes de deterioração, contribuindo, dessa forma, para a estanqueidade à água e para o isolamento termoacústico, além de se constituir no acabamento, exercendo funções estéticas, de durabilidade e de valorização econômica (RIBEIRO; BARROS, 2010).

No entanto, apesar de toda essa evolução tecnológica em curso, tem-se verificado a incidência cada vez mais corrente de manifestações patológicas com origens diversas sobre sistemas de revestimento de fachada. Elementos construtivos de grande importância são omitidos, várias etapas são executadas inadequadamente, há omissão ou não seguimento das especificações de projetos de revestimento de fachada, ausência de manutenção (ANTUNES, 2010).

No caso dos revestimentos cerâmicos, cuja camada de acabamento é altamente rígida (placa cerâmica associada aos rejuntas), o problema se torna ainda mais crítico e para que seja minimizado, uma alternativa é o emprego de um sistema de revestimento com capacidade adequada de absorver as deformações que lhe serão impostas ao longo de sua vida útil. Nesse caso, a adoção de juntas ao longo do revestimento é uma solução indicada por diversos documentos normativos, relativos às estruturas de concreto, como por exemplo a NBR 6118 (ABNT, 2014).

A junta de movimentação é designada como espaço regular, geralmente mais largo que a junta de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento externo para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento, podendo ou não ser preenchido por selantes ou outro material com propriedades específicas (ABNT NBR 15575, 2017).

1.1 Área de pesquisa

O presente trabalho será desenvolvido na área de Patologias, mais especificamente na área de materiais de construção, direcionada ao uso de selantes nas juntas de movimentações das fachadas com revestimentos cerâmicos.

1.2 Delimitação da pesquisa

O trabalho se limita a evidenciar o estudo desde o sistema de revestimento cerâmico de fachadas, bem como as juntas de movimentações e os materiais da qual a junta é composta, até o componente final que é o selante.

1.3 Objetivo geral e específicos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é estudar quais os condicionantes interferem na escolha dos materiais, em evidência os selantes, minimizando o surgimento de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas.

1.3.2 Objetivo Específico

- Estudo de fachadas com revestimentos cerâmicos;
- Análise de especificação de selantes utilizados nas juntas de movimentações;
- Realização de ensaios de revestimentos cerâmicos com variações de selantes e com diferentes espessuras de juntas de movimentações, sem uso de primer.

1.4 Justificativa

Um dos grandes objetivos da construção civil é a busca pela maior durabilidade e desempenho, relacionados à vida útil das estruturas e acabamentos. As discussões acerca da durabilidade das estruturas chamam atenção porque se tem visto construções recentes passando por processos de recuperação em diversos pontos, como estrutura, alvenaria, revestimentos e acabamentos, instalações etc. Tais recuperações são fruto de manifestações patológicas, que se tem tornado mais comuns nas construções (DONATO; MARTINS; VIEIRA; AMARA E REIS, 2019).

De acordo com Campante e Baia (2003), a patologia dá-se quando uma parte do edifício, em algum momento de sua vida útil, deixa de apresentar desempenho previsto. As patologias nos revestimentos cerâmicos podem ter origem na fase de projeto - quando são escolhidos materiais não compatíveis com as condições de uso, ou quando os projetistas desconsideram as interações do revestimento com outras partes do edifício, ou na fase de execução - quando os assentadores não dominam a tecnologia de execução, ou quando os responsáveis pela obra não controlam corretamente o processo de produção (TOLEDO, 2007).

As patologias são evidenciadas por alguns sinais que, embora muitas vezes apareçam em alguns componentes, podem ter origem em outros componentes de revestimento. Quando há destacamento da placa cerâmica, isto não significa necessariamente que o problema foi causado pela própria placa, o problema pode ter acontecido, por exemplo, por falta de treinamento de mão-de-obra, que não respeitou o tempo em aberto da massa colante (TOLEDO, 2007).

As aplicações pelo método convencional, com ausência de juntas estruturais e de movimentação, causam, além de outras patologias, o descolamento da placa cerâmica (PEZZATO; SICHIERI, 2008).

Em virtude dos parágrafos anteriores, será estudado no presente trabalho a importância das características de cada material, em evidência os selantes, bem como a sua função e comportamento após a execução. Dessa forma, escolhendo os materiais corretos para cada situação, evita-se o surgimento de patologias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de revestimento cerâmico de fachada

Sistema, como define AURÉLIO (1999), é o conjunto de elementos ou materiais entre os quais se pode encontrar ou definir relação.

O sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser considerado um dos mais diversos da edificação, por ser constituído por diversas camadas e vários tipos de materiais. Envolve não somente as placas cerâmicas, argamassas adesivas e argamassas de rejunte, mas os substratos de apoio (emboço e chapisco); e a base onde este conjunto de camadas está inserido (alvenaria ou estrutura) (LUZ, 2004).

É um dos sistemas da edificação que está mais exposto às ações externas, como movimentação estrutural, variação térmica, umidade e agentes de degradação. Estes fatores podem provocar o surgimento de manifestações patológicas neste sistema (LUZ, 2004).

O revestimento cerâmico de fachadas de edifícios utilizando a técnica de revestimento aderido foi definido por Medeiros; Sabbatini (1998) como o conjunto monolítico de camadas, inclusive emboço de substrato, aderidas à base suportante da fachada do edifício seja alvenaria ou estrutura, cuja capa exterior é constituída por placas cerâmicas assentadas e rejuntadas com argamassas ou material adesivo (LUZ, 2004).

Independentemente do tipo ou da tecnologia empregada na produção, os revestimentos de fachada devem cumprir suas funções e seus requisitos de desempenho. Essas funções foram sintetizadas por Sabbatini (1999), como segue:

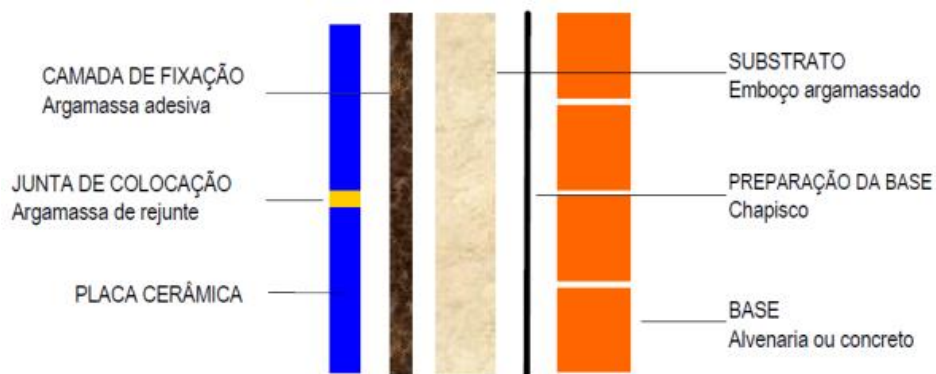
- Proteger a edificação: os revestimentos de fachada possuem a função de proteger os vedos e a estrutura contra a ação direta de agressivos, evitando a degradação precoce. Essa função está associada às exigências de durabilidade da edificação. Assim, o revestimento íntegro tem como papel aumentar a durabilidade e reduzir os custos de manutenção dos edifícios;
- Auxiliar as funções de vedação: os revestimentos de fachada auxiliam as vedações a cumprirem suas obrigações de proporcionar à edificação estanqueidade ao ar e à água e adequado desempenho termoacústico e de proteção contra a ação do fogo e intrusões;

- Proporcionar acabamento: os revestimentos definem as características estéticas do edifício, estabelecendo, maioria das vezes, o seu valor econômico;
- Integrar-se à base: os revestimentos de fachada têm também a função de acomodar pequenos movimentos diferenciais entre a alvenaria e a estrutura, os quais devem ser constituídos de modo que permaneçam, ao longo de sua vida útil, em perfeita interação com a base.

Em busca de estabelecer uma definição mais precisa, se propõe que o revestimento cerâmico de fachada seja entendido como um conjunto de camadas superpostas de argamassa e de acabamento com placas cerâmicas, juntas de assentamento e detalhes construtivos, aplicado sobre uma base ou substrato (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Por se tratar de camadas de revestimentos constituídas por diferentes materiais e técnicas de execução, possuem também diferentes comportamentos diante das ações a que estarão sujeitas ao longo de sua vida útil, deformando-se mais ou menos em função de suas propriedades e das condições de restrição de seus movimentos.

Figura 1 - Materiais e camadas constituintes mostrando os principais componentes do Revestimento cerâmico de fachadas



Fonte: Medeiros e Sabbatini, 1999.

Para melhor entendimento, será feito uma abordagem sucinta de tais características:

- BASE

Segundo a NBR 13755 (ABNT, 2017) a base é o substrato constituído por superfície plana de paredes, sobre a qual é aplicada a argamassa colante para o assentamento das placas cerâmicas, ou seja, englobaria as camadas de chapisco, argamassa de regularização e emboço, porém neste trabalho é considerado que base é o componente de sustentação das várias camadas que constituem o revestimento cerâmico de fachada e conforme mostrado anteriormente é composto por concreto e alvenaria, quando esta não é estrutural (OLIVEIRA, 2013).

É de suma importância conhecer o tipo de material ou substrato utilizado, bem como a sua interação com a estrutura, a fim de escolher um revestimento que seja compatível para determinado caso.

A característica mais significativa da base é que esta tenha uma absorção de água e rugosidade considerável para que as camadas seguintes possam aderir perfeitamente, estabilizando o sistema. Quando essas características não são encontradas realiza-se o tratamento de base (chapisco), confere-se assim uma boa ancoragem para a camada seguinte (emboço) (OLIVEIRA, 2013).

A análise da variação de volume de cada componente da base e a sua rigidez é essencial para sua durabilidade. Além disso, é de extrema importância avaliar a capacidade de aderência, que está diretamente ligada à rugosidade do material. Portanto, o revestimento deve ser compatível com a natureza do substrato (ANTUNES, 2010).

- EMBOÇO

O emboço é a camada de revestimento cuja principal função é o encobrimento e a regularização da superfície. O reboco consiste na camada de acabamento dos revestimentos de argamassa, com espessura que normalmente não ultrapassa 5 mm. A massa única por sua vez é o revestimento com acabamento em pintura executado em camada única, cujas funções consistem tanto na regularização da base como no acabamento (ANTUNES, 2010).

Para tanto, essa camada, usualmente produzida com argamassa de base cimentícia, deve manter-se aderida à base, ser compatível com o acabamento

decorativo, apresentar rugosidade uniforme e reduzida, apresentar-se livre de imperfeições e ter espessura de 20mm a 30mm, entre outras características estabelecidas na ABNT NBR 13749 (1996) (RIBEIRO E BARROS, 2010).

Outra característica do emboço é sua resistência superficial. Esta é particularmente importante, uma vez que muitos destacamentos de placas cerâmicas surgem de deficiências dessa interface com a camada de assentamento, usualmente a argamassa colante (Ribeiro et al., 2004). A resistência superficial do emboço varia em função da argamassa empregada, da técnica de acabamento superficial, das condições do ambiente e do procedimento de cura (RIBEIRO E BARROS, 2010).

De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017) são citados os limites para as camadas individuais de emboço.

- Espessura limite superior (ELS): espessura máxima de uma camada de argamassa: 50mm;
- Espessura limite inferior (ELI): espessura máxima de uma camada de argamassa: 20mm.

Foi realizado por Ribeiro e colaboradores (2004) um estudo que avalia o desempenho mecânico dos revestimentos cerâmicos a partir da resistência de aderência superficial do emboço em função das técnicas de acabamento superficial. Nesta avaliação foi concluído que o acabamento desempenado possibilita melhor resultado que o acabamento sarrafeado, quanto à resistência de aderência. Assim, ainda que a ABNT NBR 13755 (2017) estabeleça que a camada de emboço para recebimento de placas cerâmicas possa ser simplesmente sarrafeada, não se recomenda esse tipo de acabamento, defendendo-se o emprego do acabamento com desempenadeira de madeira (RIBEIRO E BARROS, 2010).

- CAMADA DE FIXAÇÃO

A camada de fixação tem a finalidade de proporcionar a aderência entre o material cerâmico e o emboço ou outras camadas que lhe servem como base. Na técnica de execução racionalizada pode-se usar colas ou argamassas colantes, sendo

a última a mais utilizada atualmente, principalmente por sua capacidade de absorver irregularidades da base (OLIVEIRA, 2013).

No item 2.1.2 deste será aprofundado o assunto sobre argamassas colantes, conforme normas da ABNT.

- CAMADA DE ACABAMENTO

No sistema de revestimento cerâmico de fachadas a camada de acabamento é composta pelas placas cerâmicas e pelas juntas entre as placas, as quais são preenchidas com rejunte. Devido à exposição à ação de intempéries, essa é a camada mais solicitada do sistema, principalmente pela variação de temperatura e umidade. Dessa forma, o conjunto deve ser dotado de características e propriedades que visam resistir às tensões a que estarão sujeitos.

2.1.1 Placas cerâmicas

São placas relativamente finas de materiais cerâmicos usadas para revestimento de pisos e paredes. Segundo Timellini; Palmonari (2004), o termo “cerâmico” é usado tradicionalmente para os produtos obtidos a partir das misturas da argila, areia e outras substâncias naturais. Após a preparação apropriada, estas misturas, ou corpos, são produzidos em formatos específicos e queimados à alta temperatura (de aproximadamente 1000 a 1250°C) que confere ao material suas características de dureza, resistência mecânica e estabilidade química e física (tal como a resistência à água, fogo, substâncias químicas) (RIBEIRO, 2006).

Segundo Medeiros (1999), as propriedades das placas cerâmicas trazem uma série de vantagens importantes para o uso do revestimento de fachada, dentro as quais foram destacadas as principais:

- Não propagam fogo;
- Elevada impermeabilidade;
- Baixa higroscopicidade;
- Não provocam diferença de potencial;
- Não são radioativas;
- Não geram eletricidade estática;

- Excelente isolamento;
- Custo final, em geral, compatível aos benefícios, principalmente em relação à manutenção durante a vida útil.

Alguns aspectos são de fundamental importância para uma especificação correta das placas cerâmicas, como conhecer as propriedades do material, a técnica de assentamento mais compatível, condições de uso e do ambiente às quais estarão sujeitas. Entre as características técnicas mais importantes de se avaliar nas placas cerâmicas para revestimento de fachada estão: absorção de água, expansão por umidade e resistência mecânica da base da placa (ANTUNES, 2010).

De acordo com a NBR ISO 10545 - 3 (ABNT, 2020), estão inseridas as características físicas e químicas que as placas cerâmicas devem apresentar. As características físicas são:

- Absorção de água;
- Carga de ruptura e módulo de resistência à flexão;
- Classe de abrasão superficial;
- Resistência à abrasão profunda;
- Coeficiente de atrito;
- Expansão por umidade.

Levando em consideração o trabalho referente à revestimento de fachadas, apenas a característica física expansão por umidade é aplicável. Em relação às características químicas, devem ser avaliadas as resistências a manchas e a resistência a agentes químicos (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Segundo Fiorito (1994), as placas cerâmicas estão sujeitas a um “inchamento quando entram em contato com a umidade do meio ambiente”, logo após a saída do forno. Este inchamento prossegue após o assentamento das placas e dá origem a tensões nos revestimentos, que podem ser de importância para a estabilidade do mesmo quando em serviço”. Conhecido como expansão por umidade, é influenciado por quaisquer fatores que determinem a constituição mineralógica da peça, entre eles: composição da massa que dará origem à placa e temperatura da queima (RIBEIRO, 2006).

Fiorito (1994) ainda afirma que, a ordem de grandeza dessa deformação é de 0,0003 a 0,0007 mm/m, após dois anos de exposição ao ar, e os valores podem ser bem maiores ou até bem menores, ou até mesmo nulos para corpos cerâmicos de absorção de água próximo à zero (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Referente à classificação das placas cerâmicas, a NBR ISO 13006 (ABNT, 2020) as divide segundo os seguintes critérios:

- Esmaltadas e não esmaltadas;
- Métodos de fabricação (por exemplo: prensado, extrusado e outros);
- Grupos de absorção de água;
- Classes de resistência à abrasão superficial, em número de 5;
- Classes de resistência ao manchamento, em número de 5;
- Classes de resistência ao ataque de agentes químicos, segundo diferentes níveis de concentração;
- Aspecto superficial ou análise visual.

2.1.1.1 Esmaltadas ou não esmaltadas

As placas cerâmicas podem ser classificadas como esmaltadas (*glazed*) a qual possui nomenclatura nas embalagens como GL; ou não esmaltadas (*unglazed*) possuindo a nomenclatura UGL.

A presença do esmalte na placa cerâmica tem a função de proteger o desenho e garantir brilho à superfície.

2.1.1.2 Método de fabricação

Referente ao método de fabricação, as placas cerâmicas podem ser classificadas como extrudadas (A), as quais se dividem em tipo precisão e tipo artesanal; prensadas (B) e produzidas por outros processos (C).

2.1.1.3 Grupos de absorção de água

Segundo Goldberg (1998), a absorção de água é uma importante característica das placas cerâmicas e tem influi significativamente em muitas outras características físicas importantes para o bom desempenho dos revestimentos de fachadas (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Procedimentos de ensaio que avaliam estas características técnicas podem ser úteis a fim de comprovar se a placa cerâmica é um possível foco de manifestação patológica. Constatar, por exemplo, que determinada placa apresenta elevada absorção de água pode ser indício de sua alta porosidade e paralelamente sua menor resistência. De acordo com a ANFACER deve-se optar por peças cerâmicas com absorção de água inferior a 6 %, no sentido de atenuar movimentações higroscópicas (ANTUNES, 2010.)

As placas de revestimento cerâmico são agrupadas pela NBR ISO 13006 (ABNT, 2020).

Tabela 1 - Grupos de absorção de água

Grupos	Absorção de água (%)
Ia	$0 < Abs \leq 0,5$
Ib	$0,5 < Abs \leq 3,0$
IIa	$3,0 < Abs \leq 6,0$
IIb	$6,0 < Abs \leq 10,0$
III	Abs acima de 10,0

Fonte: NBR ISO 13006 (ABNT, 2020).

Conforme NBR ISSO 10545 – 3 (ABNT, 2020) é possível classificar a seguinte divisão de acordo com os materiais cerâmicos:

- Porcelanato → grupo Ia
- Grês cerâmico → no grupo Ib
- Semigrês → grupo IIa
- Semiporoso → grupo IIb
- Poroso → grupo III

A absorção de água da placa cerâmica está diretamente relacionada à sua porosidade. Quanto mais compacto for o material, menor a porosidade da peça cerâmica e, conseqüentemente, menor a absorção de água. Assim, é uma propriedade que pode ser utilizada como referência para a especificação dos

materiais da camada de fixação, uma vez que o nível de porosidade do componente cerâmico interfere nas suas características de aderência ao emboço e à argamassa de rejuntamento (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Segundo Medeiros (1999), a aderência por ancoragem mecânica das argamassas às placas, que acontece a partir da penetração da pasta de cimento nos poros e interstícios das placas cerâmicas, será tanto menor quanto menor for a porosidade e a faixa de absorção destas. Dessa forma, nas placas de porcelanato, cuja absorção de água é praticamente nula, a aderência mecânica não ocorre, sendo preciso recorrer à adesão química daqueles materiais.

De acordo com Goldberg (1998) a absorção de água das placas cerâmicas está relacionada à movimentação higroscópica à qual o revestimento de fachada poderá estar sujeito, ou seja, a movimentos causados pela variação de umidade que podem possibilitar sua variação dimensional. Assim, apesar de não constar nas normas vigentes, alguns documentos limitam a absorção de água das placas cerâmicas, que poderão ser empregadas em fachadas de edifícios, a no máximo 3%, em climas que experimentam a temperatura de congelamento, e a 6% em outros climas (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Na Tabela abaixo, de acordo com a NBR ISO 10545 -3 (ABNT,2020) apresenta-se a divisão dos grupos de absorção de água, juntamente com o método de fabricação.

Tabela 2 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação

Absorção de água (%)	Métodos de fabricação		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
$Abs \leq 0,5$	AI	Bla	CI
$0,5 < Abs \leq 3$		Blb	
$3 < Abs \leq 6$	Alla	Blla	Clla
$6 < Abs \leq 10$	Allb	Bllb	Cllb
$Abs > 10$	AIII	BIII	CIII

Fonte: NBR ISO 10545 - 3 (ABNT, 2020).

2.1.1.4 Classes de resistência à abrasão superficial

Para determinar a resistência à abrasão, as placas cerâmicas são submetidas ao ensaio presente no anexo D da NBR ISO 10545 - 7 (ABNT, 2017). O ensaio consiste em expor a superfície esmaltada da placa a ciclos de atrito de esferas de aço. O resultado se dá devido ao número de ciclos necessários para que a placa apresente alterações no seu esmalte. Conforme Tabela disponibilidade na norma, são 5 classes de abrasão que a placa cerâmica pode atingir.

Tabela 3 - Estágios de abrasão

Estágio de abrasão Número de ciclos para visualização	Classe de abrasão
100	0
150	1
600	2
750, 1.500	3
2.100, 6.000, 12.000	4
> 12.000	5

Fonte: NBR ISO 10545 - 7 (ABNT, 2017).

2.1.1.5 Classes de resistência ao manchamento ou classes de limpabilidade

- Classe 1: Impossibilidade de remoção de mancha;
- Classe 2: Mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno;
- Classe 3: mancha removível com produto de limpeza forte;
- Classe 4: mancha removível com produto de limpeza fraco;
- Classe 5: máxima facilidade de remoção de mancha.

2.1.1.6 Classes de resistência ao ataque de agentes químicos

Nas Tabelas de especificação deve-se usar um código constituído pelas classes de resistências químicas A, B ou C, justapostas às concentrações H ou L dos agentes químicos.

A letra inicial do código deve fazer referência ao tipo de placa cerâmica, se esmaltada G (*glazed*) ou não esmaltada U (*unglazed*).

Sequência do código:

- Primeira letra: G ou U – esmaltada ou não esmaltada;
- Segunda letra: H ou L – alta ou baixa concentração;
- Terceira letra: classes de resistências químicas: A, B ou C – alta, média e baixa, respectivamente.

Tabela 4 - Codificação dos níveis das resistências químicas

Agentes químicos		Níveis de resistência química		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa ©
Ácidos e álcalis	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
	Baixa concentração (L)	LA	LB	LC
Produtos domésticos e de piscina		A	B	C

Fonte: NBR ISO 10545 - 7 (ABNT, 2017).

2.1.1.7 Aspecto superficial ou análise visual

A norma NBR ISO 13006 (ABNT, 2020) classifica como produto de primeira qualidade, quando 95% das peças examinadas, ou mais, não apresentarem defeitos visíveis a olho nu na distância de $1,00 \pm 0,05$ m.

2.1.2 Características das placas cerâmicas

Os materiais empregados nas construções estão sujeitos a dilatações com o aumento de temperatura, e a contrações com a sua diminuição. A intensidade desta variação dimensional, para uma dada variação de temperatura, varia de material para material, podendo-se considerar, salvo algumas exceções, que as movimentações térmicas dos materiais de construção são praticamente as mesmas em todas as direções (THOMAZ, 1949).

Na Tabela abaixo, estão indicados os coeficientes de dilatação térmica linear de materiais que constituem os revestimentos cerâmicos de fachadas.

Tabela 5 - Valores de coeficiente de dilatação térmica de materiais que constituem os revestimentos cerâmicos de fachadas

Material	Coeficiente de dilatação térmica linear (α) ² $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Porcelanato	4,5 a 13 x 10 ⁻⁶
Grês cerâmico	5,9 a 12 x 10 ⁻⁶
Semigrês	5,9 a 12 x 10 ⁻⁶
Ceâmica semiporosa	8 a 10 x 10 ⁻⁶
Cerâmica porosa	8 a 10 x 10 ⁻⁶
Litocerâmica	8 a 10 x 10 ⁻⁶
Argamassa colante	8 a 12 x 10 ⁻⁶
Rejunte comum	9 a 13 x 10 ⁻⁶
Rejunte flexível	9 a 13 x 10 ⁻⁶
Poliestireno expandido	15 a 45 x 10 ⁻⁶
Polietileno expandido	110 a 200 x 10 ⁻⁶
Bloco cerâmico (2)	6,5 x 10 ⁻⁶
Concreto (2)	9 x 10 ⁻⁶

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

Considerando-se o caso mais comum das edificações residenciais, a principal fonte de calor que atua sobre os componentes é o sol. A amplitude e a taxa de variação de temperatura de um componente exposto à radiação solar irá depender da atuação combinada a alguns fatores, como por exemplo: a intensidade da radiação solar. Quando um componente é exposto à radiação solar, a energia absorvida faz com que sua temperatura superficial seja maior que a temperatura do ar ambiente. A absorvância depende basicamente da cor da superfície; as superfícies de cores escuras apresentam maiores coeficientes de absorção da radiação solar e, portanto, nas mesmas condições de insolação, atingem temperaturas mais elevadas que as superfícies de cores claras (THOMAZ, 1949).

Em estudo realizado por Saraiva (1998), no qual foi avaliado a influência da dilatação térmica das placas cerâmicas nas tensões do revestimento, constatou-se um aumento em torno de 60% nas tensões na camada de acabamento, ao utilizar peças cerâmicas escuras, ou seja, com alto coeficiente de absorção solar. A cor da superfície das placas cerâmicas influencia em seu potencial de absorção de calor e, conseqüentemente, em sua temperatura de superfície, que acarretará maior ou menor dilatação térmica da camada (RIBEIRO; BARROS, 2010).

A Tabela 6 apresenta alguns coeficientes de absorção solar referentes à revestimentos cerâmicos de fachadas.

Tabela 6 - Coeficientes de absorção solar

Superfície	Coeficiente de absorção solar
Concreto	0,65
Superfície colorida preta	0,95
Superfície colorida verde escuro	0,8
Superfície colorida verde clara	0,65
Superfície colorida branca	0,45
Mármore branco	0,58

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

A avaliação do efeito dos movimentos térmicos da base e das camadas de revestimento deve ser feita conhecendo-se as tensões que esses movimentos introduzem. Para se conhecer, simplificada, o nível de tensão atuante em cada camada, considera-se os materiais trabalhando em sua faixa elástica e equaciona-se a tensão pela lei de Hooke, a qual leva em consideração a deformação, coeficiente de dilatação térmica linear, a diferença de temperatura e os valores de módulo de elasticidade de cada material constituinte (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Tabela 7 - Valores de módulo de elasticidade (E) de materiais que constituem os substratos e as camadas de revestimentos cerâmicos de fachadas

Material	Módulo de elasticidade E (GPa)
Porcelanato	50 a 70
Grês cerâmico	40 a 60
Semigrês	35 a 50
Cerâmica semiporosa	35 a 50
Cerâmica porosa	35 a 50

Continua

	Conclusão
Litocerâmica	45 a 60
Argamassa colante comum	8 a 15
Rejunte comum	10 a 15
Rejunte flexível	8 a 20
Poliestireno expandido	1,7 a 3,1
Poliestileno expandido	0,1 a 1
Selante elastomérico	0,05 a 0,1
Concreto denso	18 a 35
Concreto aerado	1,4 a 3,2
Concreto leve	8
Bloco de concreto	10 a 25
Bloco de concreto celular	4 a 16
Bloco cerâmico	4 a 25
Argamassa de cimento	8 a 18

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

2.1.1 Argamassa colante

De acordo com a NBR 14081-1 (ABNT, 2012) classifica-se argamassa colante como produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados com água, formam uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

As argamassas colantes industrializadas são designadas pela sigla AC, seguida dos algarismos romanos I, II e III, indicativos de seu tipo, acrescidos da letra E e/ou D, quando aplicável (ABNT NBR 14081-1, 2012).

- Argamassa colante industrializada tipo I – AC I: Argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.

- Argamassa colante industrializada tipo II – AC II: Argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termo-higrométricas e à ação do vento.

- Argamassa colante industrializada tipo III – AC III: Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas do tipo I e II.
- Argamassa colante industrializada com tempo em aberto estendido (E): Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido.
- Argamassa colante industrializada com deslizamento reduzido (D): Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com deslizamento reduzido.

Na Tabela a seguir, apresenta-se algumas propriedades referente às argamassas colantes, bem como as normas vigentes e as resistências.

Tabela 8 - Propriedades fundamentais para argamassas colantes

Requisito	Método de ensaio	Unidade	Critério			
			AC I	AC II	AC III	
Tempo em aberto	ABNT NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20	
Resistência de aderência à tração aos 28 dias, em função do tipo de cura	Cura normal	ABNT NBR 14081-4	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura submersa			≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura em estufa			≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: NBR 14081-1 (ABNT, 2012).

Tabela 9 - Propriedades opcionais para argamassas colantes

Requisito	Método de ensaio	Critério
Tempo em aberto estendido (E)	ABNT NBR 14081-3	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido no mínimo 10 min além do especificado como propriedade fundamental
Deslizamento reduzido (D)	ABNT NBR 14081-5	Argamassa do tipo I, II ou III, com deslizamento menor ou igual a 2 mm

As siglas “E” e “D”, relativas respectivamente às propriedades opcionais de “tempo em aberto estendido” e “deslizamento reduzido”, devem estar marcadas nas embalagens das argamassas colantes destinadas a atender a tais propriedades, conforme Seção 6.

Fonte: NBR 14081-1 (ABNT, 2012).

Conforme especificação da NBR 14081-1 (ABNT, 2012) as argamassas colantes devem ser entregues em embalagens que tenham impressas, de forma bem

visível, as seguintes informações: designação normalizada, marca do produto e razão social do fabricante, massa líquida do produto, identificação da norma, instruções e cuidados necessários para manuseio e aplicação do produto, instruções para liberação ao uso da área revestida e informações sobre a composição, data de fabricação, prazo de validade e condições de armazenamento do produto.

De acordo com a ABNT NBR 14081-3 (ABNT, 2012), é possível determinar o tempo em aberto para argamassas colantes industrializadas, destinadas ao assentamento de placas cerâmicas em pisos e paredes pelo método da camada fina. Neste ensaio, são estendidos cordões de argamassas em um substrato, onde serão posicionadas placas cerâmicas em cima. Após o tempo estimado de cura, é realizado ensaio de arrancamento para determinar a tensão de ruptura e qual o tipo de ruptura.

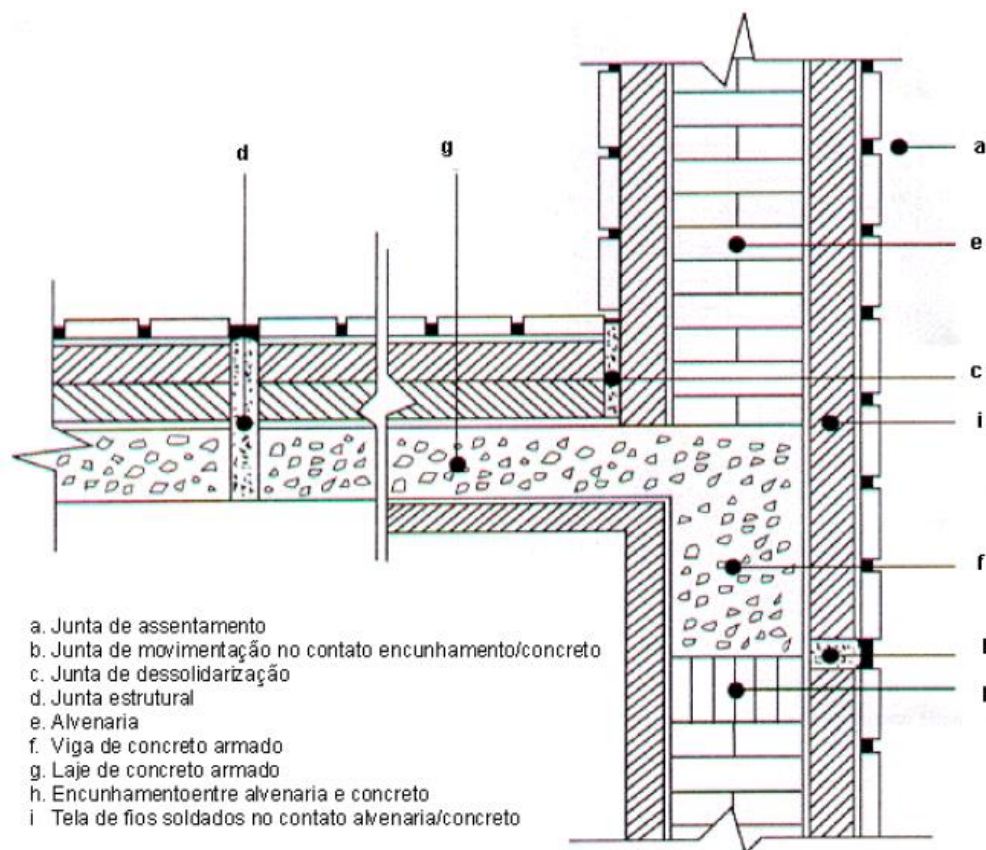
Através do ensaio de arrancamento por tração simples é possível determinar a resistência de aderência a tração da argamassa colante industrializada, conforme NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

2.2 Juntas

A palavra junta é derivada do verbo latim *jungere, juntum*, que significa, ligar, unir, associar, adicionar. Isso define que duas ou mais coisas serão unidas. Segundo Martin (1977), junta é um ato de unir, um modo de fazer um ponto de encontro (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Martin (1977) define o termo “junta”, em tecnologia construtiva, como um elemento construtivo formado pelas partes adjacentes de dois ou mais materiais, componentes ou produtos construtivos, quando estes são colocados lado a lado, unidos com ou sem uso de produtos.

Figura 2 - Ilustração dos tipos de juntas e do Revestimento cerâmico de fachada



Fonte: ESQUIVEL, 2001.

De acordo com a especificação de juntas, pode-se dividi-las em:

- Juntas de assentamento: As juntas de assentamento são aquelas existentes entre as placas adjacentes de um revestimento modular e assim chamadas por terem origem durante o processo de assentamento dos componentes, as quais posteriormente são preenchidas por rejunte (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Conforme citado na NBR 13755 (ABNT, 2017) após o assentamento das placas cerâmicas, as juntas entre elas contemplam as seguintes funções:

- Atendem à estética, harmonizando o tamanho das placas e as dimensões do pano a ser revestido;
- Compensam a variação de dimensão das placas cerâmicas, facilitando o alinhamento e permitindo um acabamento final homogêneo;

- c) Oferecem relativo poder de acomodação às movimentações da base e das placas cerâmicas, proporcionando alívio das tensões de compressão entre as placas subsequentes. A combinação da largura das juntas com as propriedades do material de enchimento deve ser tal que absorva as variações dimensionais intrínsecas das placas, sejam elas oriundas de variações térmicas, higroscópicas, expansão por umidade ou outra, sem induzir tensões deletérias no pano cerâmico;
- d) Minimizam a infiltração de água e outros agentes deletérios;
- e) Permitem a difusão de parte do vapor de água: as trocas de vapor de água entre dois ambientes podem ser desejáveis para evitar condensação e, uma vez que as placas são muito pouco permeáveis ou impermeáveis, a difusão ocorre preponderantemente pelas juntas de assentamento;
- f) Facilitam a troca de placas cerâmicas individuais.

Assim como citado na NBR 13755 (ABNT, 2017), sugere –se para as pastilhas que a largura mínima seja de 5 mm, já a largura da junta é definida pelo fabricante.

- Junta Estrutural: As juntas estruturais tem como função absorver as movimentações do edifício como um todo. (MEDEIROS, 1999).

De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017), estas juntas podem apresentar movimentação cíclica significativa nas direções dos três eixos coordenados, motivo pelo qual o uso de selantes pode não ser tecnicamente viável. Nestes casos, os selantes devem ser substituídos por outros elementos vedantes, como, por exemplo os perfis pré-formados ou os mata-juntas.

- Juntas de movimentação

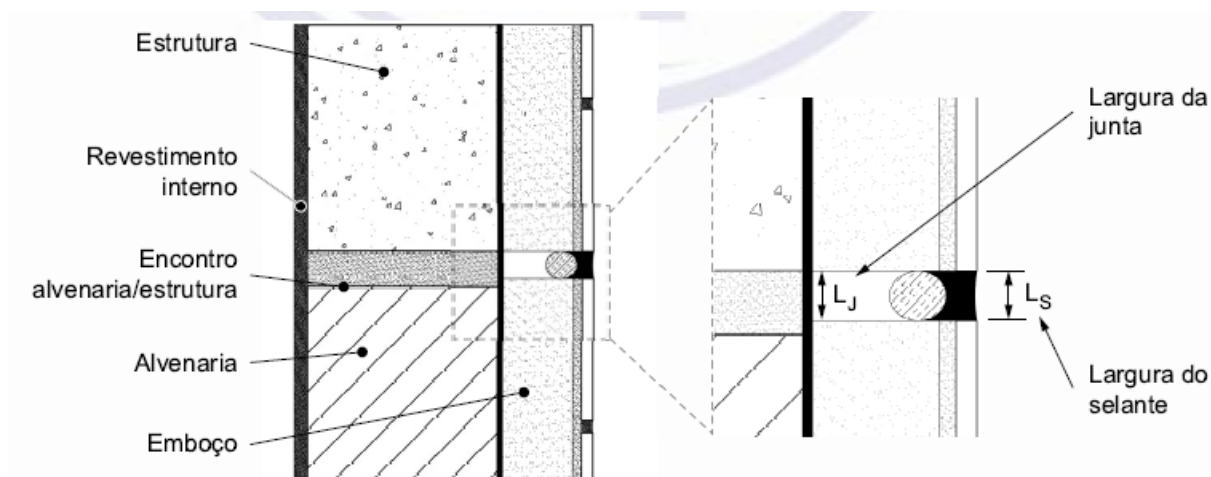
Devido à importância deste tema no presente trabalho, será especificado melhor sobre o assunto no item 2.2.1.

2.2.1 Juntas de movimentações

[...] Espaço regular, normalmente mais largo que o da junta de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento externo para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento,

podendo ou não ser preenchido por selantes ou outro material com propriedades específicas". NBR 13755 (ABNT, 2017).

Figura 3 - Junta de movimentação típica com corte total do emboço



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017).

As juntas de movimentação são aberturas projetadas para permitir movimento entre dois elementos adjacentes sem que ocorram danos à sua superfície. No caso de um grande painel de material rígido, por exemplo, poderão ser utilizadas as juntas para minimizar as tensões nele atuantes, prevenindo o aparecimento de fissuras (Maclean; Scot, 1995). São usualmente juntas previstas nas estruturas, em revestimentos ou entre elementos construtivos para acomodar movimentos ou absorver tensões (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Em revestimentos de fachadas, sua principal função é minimizar a propagação de esforços aos sistemas com os quais se relaciona (estrutura, vedo, revestimento), controlando as tensões introduzidas neste sistema. O emprego desse detalhe construtivo tem como objetivo tornar possível que as camadas de revestimento se movimentem, evitando patologias, tais como a fissuração e o destacamento (RIBEIRO, 2006).

Considerando-se os estudos de Sabbatini e colaboradores (1990), 85 5385: part2 (BSi. 1991) e Goldberg (1998), sintetiza-se, a seguir, as principais funções das juntas de movimentação em revestimentos de fachadas (RIBEIRO; BARROS, 2010):

- Dissipar tensões geradas por movimentações da base suporte dos revestimentos, em particular do comportamento resultante da interação estrutura-vedação.

- Dissipar tensões geradas por deformações intrínsecas aos revestimentos decorrentes da ação do meio ambiente (variação de temperatura e umidade), permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de revestimentos em pequenas áreas.

- Separação de revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes características térmicas ou higroscópicas.

- Permitir mudanças de planos dos revestimentos.

- Impedir que a superfície revestida sofra com as descontinuidades do substrato, como ocorre na região das juntas estruturais.

As juntas de movimentação podem ser preenchidas de duas formas:

- Juntas seladas: são preenchidas por selante em estado não-curado. São as mais utilizadas em revestimento de fachada (RIBEIRO; BARROS, 2010).

- Juntas pré-formadas: são preenchidas por material celular comprimido dentro da junta. Podem ser feitas com selante pré-formado extrudado ou com selante pré-formado moldado, sendo o selante pré-formado opção a mais utilizada em recuperação de juntas deterioradas (RIBEIRO, 2006).

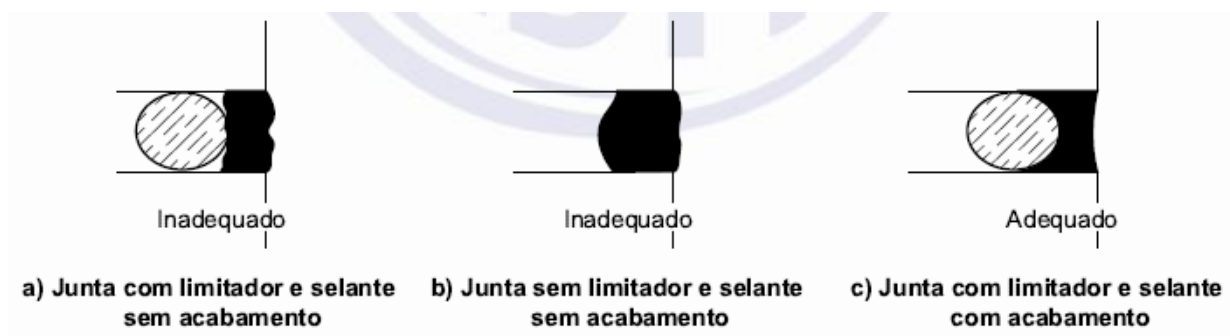
Conforme a NBR 13755 (ABNT, 2017), a espessura mínima no ponto mais crítico da junta (profundidade do selante) deve ser de 6mm, mas as prescrições do fabricante devem ser contempladas. Quando o limitador de fundo for incapaz de acompanhar as movimentações da junta, ele deve ser previamente preparado para evitar a adesão do selante em sua superfície. Ademais, aplicação de primer e outros cuidados específicos com as bordas das juntas devem seguir as recomendações do fornecedor do selante.

A configuração final do selante deve-se assemelhar à Figura 4-c, sendo que a região central deve ser menos espessa, evitando acúmulo de tração nas bordas aderidas quando a junta estiver em regime de trabalho.

Conforme citado na NBR 13755 (ABNT, 2017) como regra geral e caso não existam recomendações contrárias do fabricante do produto, devem ser utilizadas

proporções entre profundidade e largura do selante de 1:1 a 1:2. As configurações a e b da Figura 4 são inadequadas e não podem ser executadas.

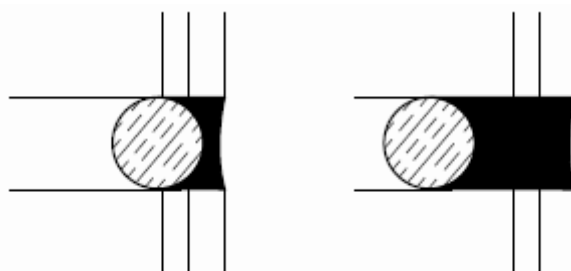
Figura 4 - Configuração final do selante nas juntas de movimentações



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017).

Embora seja possível a existência de juntas com fator de forma diferenciado, elas não são usuais em fachadas e a Figura 5 apresenta possíveis falhas da produção da junta (ABNT NBR 13755, 2017).

Figura 5 - Selantes com fatores de forma inadequados

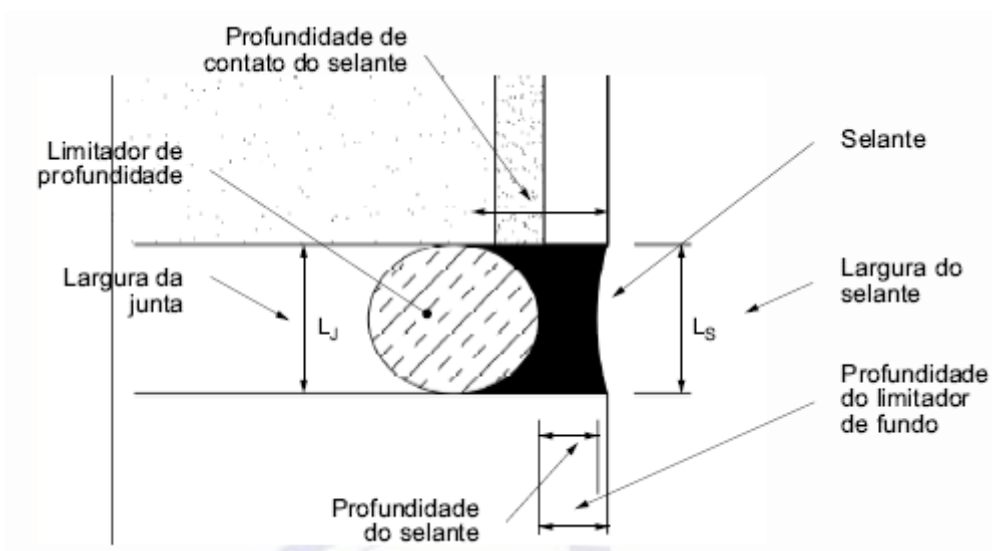


Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017).

Nos casos em que a movimentação da junta é conhecida, sua largura deve ser calculada levando em consideração as propriedades do selante, em particular a capacidade de movimentação (ou FAS, Fator de Acomodação do Selante), que especifica o percentual máximo de variação da largura da junta quando em serviço sem que a junta perca desempenho. (ABNT NBR 13755, 2017).

A largura mínima da junta (L_j) deve ser indicada em projeto, mas convém que ela não tenham menos de 15mm para que sua exequibilidade não seja prejudicada. (ABNT NBR 13755, 2017).

Figura 6 - Configuração típica das juntas seladas



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017).

A Figura 6 representa a geometria correta das juntas seladas (modelo mais recomendado e utilizado em juntas de movimentações). É fundamental para o desempenho da junta o correto preenchimento e a geometria regular do selante.

O posicionamento das juntas de movimentação depende de uma série de fatores, como tipo de edifício e comportamento estrutural; tipo, tamanho e cor das placas, tipo e propriedades da argamassa colante; variação higroscópica do meio; propriedades do emboço; disposições arquitetônicas, como aberturas, vãos e outros detalhes da fachada etc. Desta forma, é necessário que a posição exata das juntas deve ser definida em projeto. Recomenda-se que a distância entre as juntas horizontais seja superior a 3 m e para juntas verticais recomenda-se que sejam posicionadas no máximo a cada 6 m. (ABNT NBR 13755, 2017).

A NBR 13755 (ABNT, 2017) cita reforços em revestimentos e em quais casos eles podem ser utilizados:

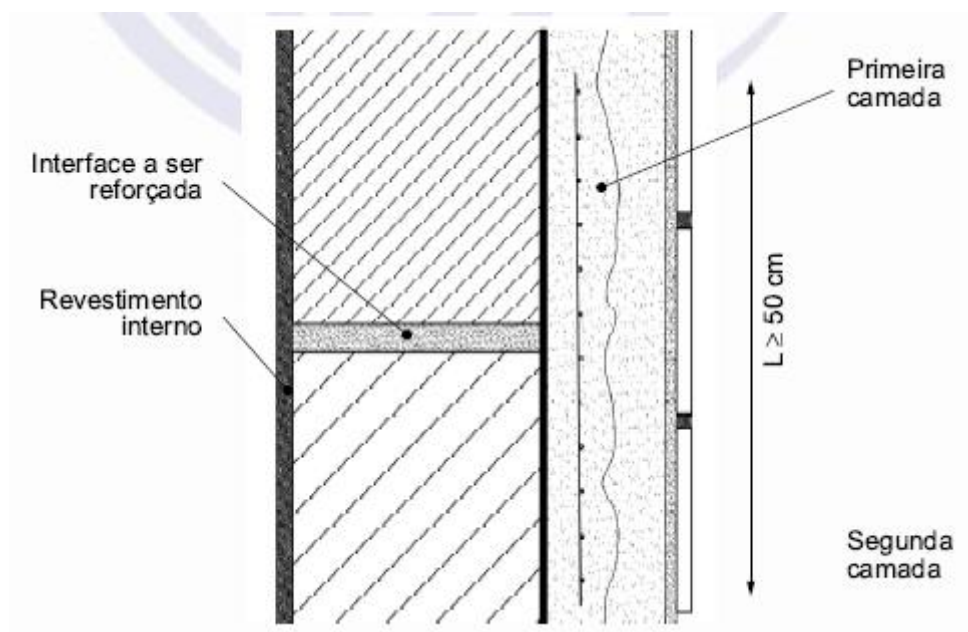
- Regiões cuja espessura de argamassa supere o ELS, com o objetivo de suportar o excesso de carga e atenuar efeitos de retração das argamassas.

Tais reforços devem apresentar sistema de ancoragem com resistência mecânica suficiente para o suporte de todas as camadas de revestimento em caso de perda de aderência à base.

- Regiões com potencial de movimentação diferenciais prejudiciais, com o objetivo de atenuar o aparecimento de fissuras no emboço e, em caso de perda de aderência, evitar destacamentos localizados.

Nesse caso, as telas devem ser posicionadas aproximadamente à meia espessura da primeira camada e em nenhuma situação podem ficar a menos de 10mm do chapisco. As telas devem estar posicionadas de forma centralizada em relação à origem da fissura sempre que possível e sugere-se que tenham largura mínima de 50 cm, conforme Figura 7.

Figura 7 - Posicionamento da tela para atenuação de fissuras



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017).

Os reforços mais comuns são executados com auxílio de telas e, nestes casos, convém que sejam utilizadas telas metálicas com diâmetro mínimo de fio de 1,24 mm

(BWG 18). A utilização de telas com fios de espessura superior a 1,5 mm não é recomendado devido à dificuldade no manuseio. A abertura de malha mínima não pode inferior a 25 mm.

Conforme Figura 3, presente no início do assunto sobre juntas, o sistema de juntas de movimentações é preenchido pelos seguintes materiais definidos abaixo. Tais componentes serão descritos baseados nas ideias e comentários de Ribeiros e Bairros (2010).

2.2.1.2 Substrato

O substrato não se trata de um material propriamente dito, mas deve ser levado em consideração nessa análise devido à sua importância.

Pode-se dizer que as superfícies laterais da junta de movimentação, nas quais o selante vai aderir, constituem seu substrato, o qual é constituído pelas diversas camadas que compõem o sistema de revestimento e podem ser porosas ou não. São considerados substratos porosos os revestimentos de argamassa, placas de rocha, painéis cimentados, concreto, materiais cimentícios sem tratamentos superficiais, placas cerâmicas, entre outros. Os não-porosos são: superfícies metálicas, de PVC, de alumínio pintado, placas de vidro e esmaltadas.

No caso do revestimento cerâmico de fachada, todas as camadas de revestimento são consideradas porosas, inclusive as placas cerâmicas de baixa absorção de água como as placas de porcelanato. Todas essas camadas podem compor a interface com o selante.

Uma condição que dificulta a adesão do selante ao substrato poroso é a presença de umidade em seus poros, mesmo quando, aparentemente, se encontra seco. Quando se encontra umidade, essa poderá ser liberada durante o processo de cura do selante, prejudicando-a. Nesses casos, a imprimação do substrato pode minimizar ou até mesmo evitar essa migração de umidade, minimizando também seus efeitos nocivos. Essa imprimação deve ser realizada imediatamente antes da aplicação do selante e será abordada a seguir.

Outro fator que pode prejudicar a adesão do selante ao substrato é a sua incompatibilidade com produtos químicos nele presentes, tais como desmoldantes, agentes de cura ou outros elementos que possam ficar impregnados nas superfícies

de aderência. A presença de poeira ou nata de cimento na superfície do substrato também possibilita uma falsa adesão.

2.2.1.3 Membrana Impermeabilizante

A membrana impermeabilizante trata-se de um recurso construtivo que tem sido empregado por alguns projetistas buscando-se maior segurança na estanqueidade da fachada.

Goldberg (1998) recomenda a utilização da membrana impermeabilizante, afirmando que não importa quão bem instalado o selante esteja, este poderá não ser 100% eficaz como barreira contra infiltração de água.

2.2.1.4 Limitador de Profundidade

O limitador de profundidade do selante é um material compressível, pré-fabricado, cuja superfície impede a aderência do selante. E, como o próprio nome diz, tem a função de limitar a profundidade da junta, evitando que haja o consumo excessivo do selante. Além dessa função principal, também são suas funções:

- Definir a profundidade da junta que receberá o selante, garantindo o seu fator de forma e controlando a quantidade de material utilizada, pois segundo Rocha (1996), o selamento muito espesso sofreria grandes tensões, tornando-se passível de ruína prematura;
- Permitir o movimento do selante, contribuindo para que não haja adesão na sua terceira face - a superfície do fundo do sulco realizado - o que restringiria a sua movimentação e aumentaria consideravelmente as chances de ocorrer sua ruptura (ROCHA, 1996);
- Apoiar e dar firmeza ao selante durante a aplicação e o acabamento, forçando-o a ter contato com as faces laterais do sulco, auxiliando na adequada adesão do selante e, por conseguinte, no correto funcionamento da junta (LEDBETTER; HURLEY e SHEEHANR 1998).

Esse componente, comumente conhecido pelo nome de uma de suas marcas comerciais - "Tarucel" é mais encontrado no mercado na forma de cordões cilíndricos, com diâmetros de 6 mm a 75 mm.

Conforme a NBR 13755 (ABNT 2017), o limitador de profundidade:

- Deve ser quimicamente compatível com o selante selecionado;
- Deve retornar à sua forma original depois de comprimido por um ciclo de trabalho da junta;
- Não pode exsudar componentes químicos ou apresentar ação química sobre qualquer superfície da junta ou originar ação deletéria sobre o selante;
- Não pode absorver umidade além daquela de equilíbrio com o ambiente;
- Não pode expulsar o selante quando houver compressão da junta.

A ASTM C1193 (A5TM, 2009) apresenta as características dos materiais e as recomendações de uso do limitador de profundidade, as quais serão sintetizadas a seguir:

- São espumas que podem ter uma estrutura interna de células abertas, fechadas, ou uma combinação de ambas;
- As espumas de células abertas, normalmente de poliuretano, não possuem uma película de recobrimento em sua superfície. Esse tipo de espuma tem baixa densidade e é facilmente compressível;
- A espuma de células fechadas é usualmente de polietileno; mas pode ser também de neoprene, butil ou EPDM ou uma combinação destes. É extrudada em diversos tamanhos e formas e possui uma película em sua superfície que lhe confere propriedade de ser não absorvente,
- Em virtude de sua estrutura, a espuma de células fechadas tem baixa densidade e é menos compressível que a de células abertas.

É importante ressaltar que, devido a sua porosidade, as espumas de células abertas não são recomendadas para a aplicação em juntas de fachadas. Além disso, não devem ser utilizados outros tipos de materiais, como mangueira de PVC, sacos de cimento, corda de sisal jornal, papelão ou outros materiais residuais da obra. Outra informação importante é que o componente da junta deve ser compatível com o selante e capaz de resistir às permanentes deformações antes e durante a sua aplicação.

2.2.1.5 Fita isoladora

A fita isoladora, assim como o limitador de profundidade, cumpre a função de evitar a adesão do selante ao fundo da junta e é utilizada em juntas cuja profundidade não possibilita a utilização do limitador de profundidade.

Para o adequado desempenho da junta, é fundamental que o selante esteja aderido apenas nas duas laterais. A sua adesão no fundo da junta ou no próprio limitador de profundidade pode ser prejudicial ao desempenho da junta, pois, além de ter seu movimento limitado, o selante pode vir a romper ao longo do tempo.

A fita isoladora é produzida à base de polietileno expandido de células fechadas. É autoadesiva e sensível à pressão. Suas características superficiais impedem a ligação adesiva do selante. Em casos de juntas preenchidas por selantes à base de poliuretano, as fitas adesivas de papel crepe também podem ser utilizadas.

2.2.1.6 Primer

O primer é um produto que tem a função de melhorar a adesão entre o selante e os substratos, sendo também responsável por assegurar a compatibilidade entre eles. Deve ser aplicado sobre a superfície do substrato, antes da aplicação do selante, permitindo que haja o completo desenvolvimento da ligação entre as superfícies de ambos.

O primer funciona de três maneiras: primeiro, mudando as características químicas da superfície do substrato, tornando-a mais adequada ao selante; segundo, estabilizando a superfície do substrato, preenchendo os poros e fortalecendo áreas fracas e, por último, reduzindo a pressão capilar da umidade através da superfície do substrato (ASTM CT193,2009).

Além de ser promotor da efetiva ligação entre selante e substrato, o primer também contribui para a durabilidade da junta, contribuindo para a adesão do selante, mesmo sob condições ambientais agressivas. Também previne o manchamento dos substratos, impedindo a migração de solventes presentes no selante, durante ou após a sua cura (LEDBETTER, HURLEY e SHEENAN,1998).

No entanto, a inadequada preparação dos substratos, seja pela omissão ou pelo uso excessivo de primer, pode causar a perda prematura da adesão entre o selante e os componentes da junta, sendo essa identificada como a maior causa de falhas em juntas seladas. Assim, sobretudo nas placas cerâmicas, é necessário considerar o adequado preparo da superfície, devendo-se sempre consultar o fabricante do selante sobre a necessidade do uso do primer.

2.3 Selantes

Os selantes elastoméricos são produtos à base de polímeros, cuja função principal é selar efetivamente a junta entre dois substratos. Uma vez aplicado, o selante deve apresentar características de adesão, coesão e deformabilidade que lhe permitam assegurar a estanqueidade em condições previamente estabelecidas seja em relação à agressividade do ambiente, seja de movimento da junta, apresentando durabilidade compatível com as exigências de projeto de revestimento de fachada (RIBEIRO; BARROS, 2010.)

O selante pode apresentar consistência fluída, sendo chamado de autonivelante, ou ter elevada viscosidade, sendo, então, denominado tixotrópico. Apenas o selante tixotrópico é recomendado para aplicação em fachadas. São moldados no local, podendo seu comportamento, quando curados, variar de elástico a plástico (RIBEIRO; BARROS, 2010.)

Com base na Organização Internacional de Normalização, a ISO 11600 referente à classificação e requisitos para selantes, divide os selantes de acordo com suas aplicações em dois tipos:

- Tipo G: selantes de envidraçamento para uso em juntas de envidraçamento;
- Tipo F: selantes de construção para uso em juntas de construção que não sejam vidros.

De acordo com a ISO 11600 (2002) os selantes são classificados de acordo com sua capacidade de cumprir as funções de vedação nas juntas com parâmetros de movimento, como a amplitude de teste e a capacidade de movimentação. A capacidade do selante de recuperar sua largura inicial é chamada de recuperação elástica que, sendo maior que 60%, determina que é um selante elastomérico.

No Brasil, a norma que trata sobre selantes é a NBR 13755 (ABNT, 2017). A norma cita que nas vedações de juntas de movimentações devem ser empregados selantes elastoméricos e as recomendações do fabricante devem ser estritamente seguidas, uma vez que suas propriedades podem variar significativamente.

Ainda de acordo com a NBR 13755 (ABNT, 2017) cuidados devem ser tomados, entretanto, com juntas estruturais, pois seu movimento previsto aliado à sua largura

pode ultrapassar os limites de trabalho mesmo dos selantes de alta capacidade de movimento, culminando com a deterioração precoce da junta.

Seguindo as indicações previstas na NBR 13755 (ABNT, 2017), na etapa de aplicação, os selantes devem:

- Ser capazes de acomodar pequenas variações dimensionais toleradas em projeto;
- Apresentar comportamento adequado para aplicações verticais, sem escorrimientos;
- Apresentar tempo adequado de trabalhabilidade, secagem e cura (polimerização) em função das condições de utilização.

Além disto, os selantes devem apresentar uma série de propriedades que lhes garantam bom desempenho pelo tempo previsto em projeto, não sendo este menor que cinco anos:

- Devem ser impermeáveis a passagem de fluídos;
- Devem apresentar resistência aos agentes químicos, intempéries, ação ultravioleta, temperatura, maresia (se necessário) e ademais agentes deletérios a que podem estar expostos;
- Devem se manter íntegros, elásticos e coesos, sem perder a capacidade de absorver deformações;
- Não podem causar manchas no emboço ou nas placas por exsudação de produtos químicos, como solventes e plastificantes;
- Não podem formar gases e ondulações na superfície proveniente de materiais voláteis em sua composição;
- Devem absorver as deformações cíclicas de contração e expansão previstas no projeto da junta sem se romper, fissurar ou perder aderência;
- Não podem induzir esforços deletérios nas bordas da junta.


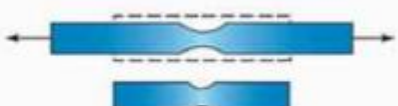


Os selantes podem ser monocomponentes ou multicomponentes e, segundo o TCA (2008), ambos são adequados aos revestimentos cerâmicos de fachadas. Os selantes monocomponentes curam em contato com o meio ambiente, por secagem ou na presença da umidade atmosférica, e exige um tempo de cura maior que um selante multicomponente. Não necessita ser misturado e é fornecido, geralmente, em

tubos ou em embalagem com aplicador, pronto para ser aplicado por extrusão. É formulado propositadamente para ter um tempo de cura lento, para que seu prazo de permanência na embalagem seja prolongado (RIBEIRO; BARROS, 2010.)

Os selantes multicomponentes são compostos geralmente por dois materiais ou, em alguns casos, três. São misturados no local, imediatamente antes da aplicação e possuem como vantagem principal sobre o monocomponente a cura relativamente rápida após sua mistura e, por isso, são mais utilizados em locais sujeitos a trânsito (RIBEIRO; BARROS, 2010.)

A Tabela 10 apresenta os comportamentos dos selantes.

Tabela 10 - Comportamento dos selantes

Elástico	Apresentam comportamento elástico, ou seja, deformação proporcional à tensão e retornam ao estado original após a remoção dessa tensão.	
Elastoplástico	Comportamento predominantemente elástico, mas tendem a sofrer deformações plásticas quando solicitados acima do seu limite elástico e, nessa situação, após a remoção da tensão, não retornam totalmente ao seu estado original.	
Plastoelástico	Comportamento predominantemente plástico, ou seja, após a retirada do esforço a que foram submetidos, não retornam totalmente ao seu estado original, mas apresentam algum comportamento elástico quando solicitados abaixo do seu limite elástico.	
Plástico	Apresentam escoamento sob tensão, com deformações plásticas, não retornando ao estado original após a remoção da tensão.	

Fonte: Ribeiro e Bairros, 2010.

A Tabela abaixo apresenta a classificação dos selantes pela ASTM C920 (ASTM, 2008), a qual é citada nos estudos de Ribeiro e Bairros (2010).

Nesta Tabela, a classificação é referente ao tipo de aplicação e os substratos para os quais são fabricados.

Tabela 11 - Classificação dos selantes elastoméricos quanto ao tipo de aplicação e ao substrato

		Classe	Descrição
Uso de Selantes Elastoméricos	Tipo de Aplicação	Use T	Selante designado para uso em áreas de tráfego de pedestres e veículos como calçadas, praças, deques, parques e garagens.
		Use NT	Selante designado para uso em áreas não-trafegáveis.
		Use I	Selante designado para uso em juntas que estão sujeitas continuamente a líquidos.
	Substrato	Use M	Selantes para uso em substratos de argamassa.
		Use G	Selantes para uso em substratos de vidro.
		Use A	Selantes para uso em substratos de alumínio.
		Use O	Selantes para uso em outros substratos

Fonte: Ribeiro e Bairros, 2010.

Posteriormente à classificação dos tipos de selante, serão classificados em relação as suas propriedades.

A seguir, serão citadas as propriedades dos selantes, as quais fazem parte dos estudos e visões de Beltrame (2009); o qual desenvolveu um trabalho específico na aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas.

2.3.1 Dureza “Shore A”

Trata-se da capacidade do selante de resistir à intrusão de partículas ou resistir à penetração de objetos. A dureza pode ser medida em laboratório ou na própria obra, usando-se durômetro, geralmente “Shore A”, com escala de 0 a 100, e penetração sobre a superfície do selante.

2.3.2 Fator de acomodação

Capacidade de acomodação da movimentação: o especificador deve calcular a quantidade máxima de movimentação prevista para determinado tipo de junta, bem como a largura mínima da junta. As características dos materiais que formam a junta e a variação de temperatura devem ser conhecidas.

2.3.3 Módulo de elasticidade

É a rigidez ou a resistência do material à deformação elástica. Quanto maior for o módulo, mais rígido será o material, ou menor será a deformação elástica que irá resultar da aplicação de uma dada tensão. O processo de deformação no qual a tensão e a deformação são proporcionais é chamado de deformação elástica. A deformação elástica não é permanente, o que significa que, quando a carga aplicada é liberada, a peça retorna à sua forma original. O selante deve ter sempre módulo de elasticidade inferior ao do substrato, pois, caso contrário, poderá romper na interface selante/substrato.

2.3.4 Capacidade de extrusão

Está relacionada com a consistência e pode ser avaliada pela facilidade de saída do produto da embalagem e pela facilidade de aplicação na junta, antes da cura. A finalidade prática desta propriedade é verificar se houve penetração de ar pela embalagem, se o selante foi mal acondicionado ou se está fora do prazo de validade.

2.3.5 Adesão ao substrato

O selante deve aderir em diferentes substratos, em toda a extensão da superfície e sem pontos de falha. Alguns tipos de selantes apresentam melhor aderência em superfícies porosas e outros, em superfícies não porosas. Algumas vezes, há necessidade de uso de primer para melhorar a aderência. A adesão pode ser avaliada previamente por ensaio qualitativo em obra, aplicando-se o selante no substrato existente. Recomenda-se seguir as instruções do fabricante do produto.

2.3.6 Durabilidade ao intemperismo natural ou acelerado

Está relacionado à capacidade do selante de manter as suas características iniciais ao longo do tempo quando expostas às condições do meio ambiente, inclusive quanto a cor original. O intemperismo varia conforme as condições climáticas do local do edifício e do nível de agressividade atmosférica, se marítima, industrial ou rural. Ela não é uma propriedade do material, mas o resultado da interação do material com o ambiente que cerca, incluindo aspectos de microclima. A durabilidade do selante

pode ser avaliada pela exposição ao intemperismo natural ou sob condições de exposição em laboratório, sob a ação de ciclos de radiação ultravioleta, temperatura e umidade.

2.3.7 Manchamento do substrato

Os selantes não devem liberar substâncias químicas de sua formulação aos substratos de elevada porosidade. O fenômeno de migração de substâncias do selante para os substratos porosos é comumente observado em produtos formulados com plastificantes externos ou de cura acética. Para substratos sensíveis, como mármore, granitos, porcelanato, solicite o teste de manchamento ao fabricante do produto.

A Tabela 12 apresenta um modelo de ficha técnica do selante PU30 da Quartzolit, bem como as suas características técnicas.

Tabela 12 - Propriedades e características PU30

Cores	Branco, cinza, bege e preto
Massa específica a 20 °C	Preto: 1,16 ± 0,05 kg/dm ³ / Branco e cinza: 1,18 ± 0,05 kg/dm ³
Dureza Shore A (ISO 868 – 3 segundos)	Ca. 40
Alongamento na ruptura	> 600%
Secagem ao toque a 23 °C e 50% UR*	1 a 2 horas
Cura total a 23 °C e 50% UR*	3mm / 24 horas
Temperatura de aplicação	5 a 35 °C
Temperatura de serviço	-30 a 80 °C
Módulo de elasticidade (ISO 37 a 100% de alongamento)	1MPa
Resistência à água	Adequada
Resistência ao rasgamento (DIN 53515)	> 8N/mm
Recuperação elástica	> 80%
Capacidade de movimentação	± 25%

Fonte: Boletim técnico selante PU30 Quartzolit.

2.3.8 Tipos de selantes

A escolha do selante deve ser especificada em projeto previamente, pois estes produtos apresentam diferentes propriedades, de acordo com o tipo e composição química (BELTRAME, 2009).

Os tipos de selantes passam a ser definidos baseados na visão de Ribeiro e Barros (2010), as quais citam vários autores e normas.

2.3.8.2 Selantes acrílicos

São produtos à base de resinas acrílicas que podem ser dispersas em solventes ou em água (AFNOR, 2002). Curam por processo de evaporação do solvente ou da água (secagem) e comportamento que varia de plástico a elastoplástico. Segundo Woolman e Hutchinson (1994) os selantes à base de água apresentam características de adesão inferiores aos selantes à base de solvente.

Woolman e Hutchinson (1994) advertem que os selantes à base de água podem ser aplicados em fachadas somente se for assegurada sua cura antes da ocorrência de chuva.

Segundo Panek e Cook (1991), a capacidade de movimentação dos selantes acrílicos é limitada porque eles endurecem com o tempo, ou seja, como resultado da evaporação do solvente. A sua dureza pode chegar a 35 Shore A e é atingida na cura final, que acontece entre 1 e 2 anos.

Em virtude desse precoce endurecimento dos selantes acrílicos, que resulta na redução de suas propriedades de movimentação, os autores citados acima advertem que devem ser especificados apenas dentro dos limites de $\pm 7,5\%$ a $\pm 12,5\%$, mesmo que a especificação do produto cubra movimentos de até $\pm 25\%$.

Segundo Woolman e Hutchinson (1994), a vida útil do selantes acrílicos é muito reduzida quando estão sujeitos a movimentos cíclicos frequentes. Afirmam, ainda, que a causa mais comum de falhas em selantes acrílicos são as deformações plásticas que se devem aos movimentos excessivos ou por falha de adesão em substratos friáveis.

Os selantes acrílicos tem como vantagens a excelente resistência aos raios ultravioletas, elevada aderência sem necessidade de primer, aceitam pintura sobre a superfície curada, baixo custo, facilidade de acabamento e limpeza, permitem aplicação em presença de umidade (algumas formulações), entre outras. Como desvantagem eles podem apresentar retração, quando solúveis em água não oferecem resistência à inversão e recuperação elástica lenta.

2.3.8.2 Selantes de poliuretano

São produtos que contêm de 35% a 45% de polímeros e 30% de filler (PANEK COOK, 1991). São selantes elásticos que, quando monocomponentes, curam quando

em contato com a umidade atmosférica e, se multicomponentes, sua cura ocorre por reação química interna (AFNOR, 2002).

Panek; Cook (1991) afirmam que os selantes de poliuretano adequadamente formulados têm excelente resistência ao UV e ao ozônio e não vão fissurar depois de um longo tempo de exposição à luz solar. Apesar disso, os poliuretanos coloridos podem se descolorir com o tempo, devendo essa propriedade ser avaliada por meio de ensaio, caso a manutenção da cor seja um requisito do projeto.

Os selantes de poliuretano monocomponentes possuem como vantagens ótima elasticidade e memória de retorno, excelente resistência ao intemperismo, elevada expectativa de vida útil; não apresentam retração; ótima aderência em diversos substratos (na maioria das vezes sem a necessidade de primer); entre outras. Como desvantagem é possível citar que eles não aceitam pintura.

Os selantes de poliuretano multicomponentes possuem como vantagem a maior disponibilidade de cores. E como desvantagem, exigem equipamentos mecânicos para mistura e limpeza rigorosa de aplicação.

2.3.8.3 Selantes MS

Caracterizado pela maior modernidade em sua concepção, com tecnologia de fabricação mais estável e sem solventes em sua formulação, o selante MS tem uma elevada durabilidade e estabilidade de cor.

Material monocomponente, possui propriedades de não escorrimento, com o processo de cura a partir da umidade atmosférica. Em razão do alto índice de matéria-prima nobre em sua composição, é considerado um material de alta performance. Por isso, possui como vantagens excelentes atributos de coesão, adesão e resistência a intempéries e ao envelhecimento.

Os selantes MS não exigem a aplicação de primer para ter aderência, diferentemente da maioria dos materiais utilizados na construção civil e na indústria. Tal vantagem permite o uso dos produtos em superfícies molhadas e úmidas, sendo muito importante em ambientes suscetíveis a questões climáticas, como por exemplo, em áreas externas.

Por se tratar de um produto mais nobre, o selante MS é recomendado para aplicações com necessidade de um desempenho superior, seja de durabilidade e adesão ou de resistência mecânica. Em ambientes extremamente agressivos devido

à exposição direta às intempéries, como em empregos náuticos e em fachadas prediais, a expectativa de vida útil ultrapassa os dez anos.

2.3.8.4 Silicones

Segundo o DTU 44.1 (AFNOR, 2002), os silicones são utilizados na maior parte das juntas de construção. São geralmente selantes elásticos que curam quando em contato com a umidade atmosférica e diferenciam-se uns dos outros pelo seu sistema químico de cura, podendo ser acética ou neutra. Ambos curam em contato com a umidade do ar. Os silicones de cura acética liberam ácido acético durante seu processo de cura, enquanto os de cura neutra não liberam subprodutos ácidos ou corrosivos.

Os silicones de cura acética tendem a atrair sujeira por eletricidade eletrostática; assim, quando aplicados em superfícies como revestimentos cerâmicos de fachadas, podem acarretar o aparecimento de manchas escuras, o que limita sua utilização. Os silicones de cura neutra são os mais recomendados para esse tipo de substrato (FERME e OLIVEIRA, 2003 BELTRAME e LOH, 2009).

Segundo Woolman e Hutchinson (1994), os silicones têm a taxa de endurecimento muito lenta; portanto, raramente o endurecimento seja um fator que possa causar falha nas juntas. Esse tipo de selante tem uma vida útil prevista de 20 a 30 anos.

Segundo Ferme e Oliveira (2003), os silicones podem ser de alto módulo (mais utilizados em colagens estruturais) ou de baixo módulo. Ambos são produtos de alto desempenho e com excelente resistência ao intemperismo e ao envelhecimento; o que os tornam produtos de longa expectativa de vida útil. Podem ser disponibilizados com dureza Shore A que varia de 25 a 50 e com capacidade de movimentação de $\pm 25\%$ até $+100\%$, -50% .

Os silicones possuem como vantagem a excelente resistência ao intemperismo e ao envelhecimento, tomando-os produtos de longa expectativa de vida útil; possuem excelente alongamento e memória de retorno, excelente aderência, fácil aplicação e ampla disponibilidade de cores. Como desvantagem, os silicones tendem a atrair sujeiras, não pela consistência “grudenta” antes da polimerização, mas sim por eletricidade elástica, logo, isso limita a sua utilização em fachadas de coloração clara.

2.3.8.5 Silicones híbridos

Os selantes híbridos são os que combinam as melhores propriedades de diferentes polímeros. Os silicones de poliuretano, por exemplo, são silicones híbridos e, segundo Ferme e Oliveira (2003), são considerados como inseridos no grupo mais moderno de selantes, podendo ser aplicados em substratos úmidos; além disso, para a maioria dos substratos, não necessita da aplicação de primers (somente requeridos para superfícies extremamente porosas). Outra vantagem dos silicones híbridos é que possuem elevada resistência às intempéries e aos raios ultravioletas.

Tabela 13 – Principais tipos de selantes empregados em juntas de fachada e suas características – ADAPTADA

Tipo de selante	Comportamento	Fator de acomodação	Dureza	Tempo de cura após aplicado	Manutenção de aparência	Expectativa de vida
Acrílico (base de água ou base de solvente)	Plastoelástico/ Plástico	5% a 12,5%	25 a 30	3 a 14 dias (cura por secagem)	Média	10 a 20 anos
Poliuretano (monocomponente)	Elástico	25% a 35%	15 a 40	3 a 14 dias (taxa de cura depende da temperatura e umidade relativa)	Boa	20 anos
Poliuretano (multicomponente)	Elástico	25% a 35%	15 a 40	Rápida	Boa	20 anos
Silicone	Elástico Automódulo Baixo-módulo	25% 50% a 100%	20 a 30 10 a 20	1 a 14 dias (cura depende da umidade relativa do ar)	Excelente	25 anos

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

Cada tipo de selante tem suas vantagens e desvantagens e, como regra geral, os selantes de poliuretano e de silicone são os mais recomendados para revestimentos cerâmicos de fachadas, pelo fato de serem mais resistentes ao intemperismo e apresentarem melhor capacidade de deformação que os selantes acrílicos.

O selante é o material responsável pelo cumprimento da maior parte das funções da junta, dessa forma, sugere-se iniciar a seleção dos materiais pela sua determinação e, em seguida, escolhe-se os demais materiais, que deverão ser compatíveis com ele (RIBEIRO; BARROS, 2007).

A partir dos estudos de Ribeiro e Barros (2007), referente à especificação de juntas de movimentações em revestimentos cerâmicos de fachadas, serão citados abaixo os tópicos sobre a determinação da classe do selante, profundidade do selante e a escolha do selante.

2.3.9 Determinação da classe do selante

A capacidade de movimentação do selante deve ser suficiente para absorver os possíveis movimentos que ocorrerão no sistema de revestimento. Caso contrário, podem ocorrer falhas sob a forma de ruptura adesiva ou coesiva que levam, assim como, à degradação da junta.

A largura da junta pode ser obtida em função dos movimentos previstos e da capacidade de movimentação do selante que será empregado; porém, quando esta característica do selante ainda não estiver definida, tendo-se determinados os movimentos e a largura da junta, é empregada a mesma equação com o objetivo de determinar a capacidade de deformação que o selante deverá apresentar, a fim de que se faça a especificação da classe mínima do selante, determinando o seu fator de acomodação, conforme Figura 8.

Figura 8 - Fator de acomodação dos selantes

$$MAF = \frac{M * 100}{L_0}$$

Sendo:

MAF : Fator de acomodação do selante (*movement accommodation factor*)

*L*₀ : Largura inicial da junta (*mm*)

M : Movimento máximo da junta (*mm*)

Fonte: Ribeiro e Barros, 2007.

2.3.10 Profundidade do selante

A profundidade do selante também é especificada no projeto de juntas e deve ser rigorosamente verificada, sobretudo durante a aplicação do selante. O controle da profundidade do selante se faz necessário para minimizar estas tensões. Ou seja, uma junta de movimentação com proporção adequada entre a largura e a profundidade tem a capacidade de acomodar mais movimento do que uma junta com o perfil do selante mais profundo.

A definição do fator de forma adequado ao selante é feita em função do comportamento do material; Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998) recomendam as proporções entre largura e profundidade (fator de forma) e as profundidades máximas citadas na Tabela 14.

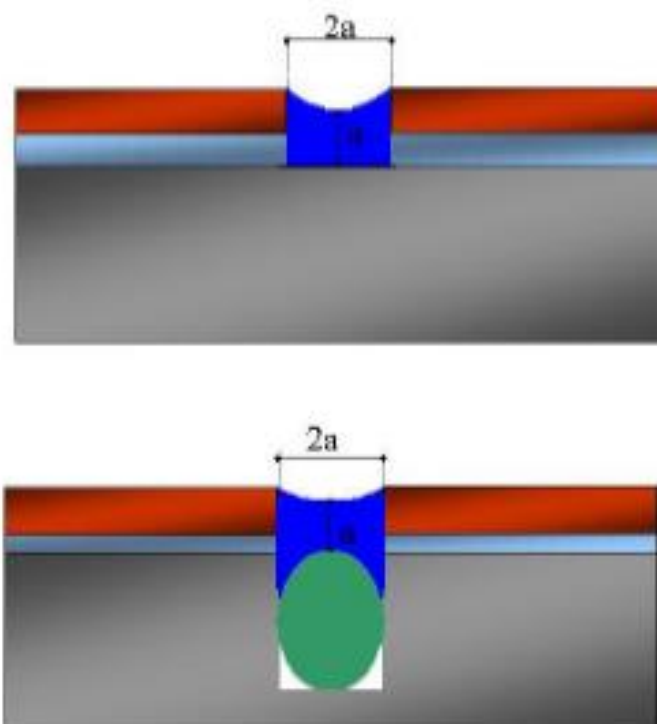
Tabela 14 - Fator de forma para diferentes tipos de selantes

Tipo de Selante	Fator de Forma	Profundidade máxima (mm)
Elásticos	2:1	20
Elastoplásticos	2:1 a 1:1	20
Plastoelásticos	1:1 a 1:2	20
Plásticos	1:1 a 1:3	25

Fonte: Ribeiro e Barros, 2007.

O fator de forma é a relação entre a largura e a profundidade da seção formada pelo selante, em uma determinada junta, conforme Figura 9. No exemplo da Figura a seguir, trata-se de um fator de forma 2:1, ou seja, 2 cm de largura x 1 cm de profundidade. A profundidade do selante é medida no centro do perfil do selante que tem a forma de “relógio de areia”.

Figura 9 - Seção de juntas de superfície e de trabalho: representação do fator de forma do selante



Fonte: Ribeiro e Barros, 2007.

2.3.11 Escolha do selante

Um selante especificado da forma incorreta poderá romper ou apresentar perda da sua capacidade adesiva. Os fabricantes devem indicar claramente nas especificações técnicas dos seus produtos, o potencial de adesão dos seus selantes aos vários materiais usados na construção civil. As condições de preparo de superfície e de imprimação também devem ser claramente definidas por eles. (Ledbetter; Hurley; Sheehan, 1998; Cognard, 2004).

Além das propriedades relacionadas à capacidade de movimentação, a escolha do selante deve reunir informações relevantes para se definir as características necessárias ao cumprimento dos requisitos de desempenho estético e de durabilidade, em função dos períodos em que se espera determinar a execução do re-selamento.

Os catálogos dos materiais, discussões com fornecedores, verificações em edificações vizinhas, ensaios em laboratório e experimentações no local são dados

importantes que o projetista poderá lançar mão para obter as informações necessárias para a definição do selantes, cujas principais, segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), são:

- Aparência inicial do selante e ao longo do tempo: o projetista deve estar ciente de que, escolher uma determinada cor de selante para uma aplicação específica pode ser dispensável, uma vez que podem mudar de cor em poucos anos, dependendo do local e condições ambientais;
- Características do substrato: propriedades do selante necessárias para adesão, interação química, interação física (manchamento) e necessidade de *primers*;
 - Condições a que estarão expostos: envelhecimento, vandalismo;
 - Períodos prováveis de manutenção: custo, facilidade e re-selamento;
 - Condições previstas para a aplicação: acesso, época do ano, preparação da superfície, movimentos precoces/tempo de cura.

Conforme os autores, após definir o tipo de selante, o projetista deve fornecer ao executor as informações necessárias para a aquisição e aplicação do selante, as quais consistem em informações gerais sobre os produtos, propriedades necessárias durante a aplicação e propriedades de uso, as quais devem ser fornecidas no projeto de juntas.

Tabela 15 - Informações a serem fornecidas na especificação do selante

Informações Gerais

Descrição	Tipo genérico do selante/mecanismo de cura
Cor	Escala de cores disponíveis
Consumo	Densidade
Vida útil	Condições de armazenamento requeridas
Substratos	Compatibilidade física, química, adesiva
Normas/códigos/especificações	BS/ISSO/ASTM
Instruções de uso	Mistura, aplicação
Falhas	Tipos mais comuns de falhas

Continua

Propriedades para aplicação e cura

Escala de temperatura e umidade	Mínima/máxima para aplicação e cura
Dimensão da junta	Mínima/máxima para aplicação e cura
Vida útil de aplicação e tempo de formação da pele	Condições indicadas para aplicação e acabamento
Cura inicial	Estado livre de adesão sob circunstâncias indicadas
Cura total	Sob circunstâncias indicadas (e profundidade)
Adesão	Necessidade de primer e tipos de primer para substratos comuns Umidade da superfície aceitável ou não Problemas de superfícies

Propriedades em uso

Módulo	Tensão e temperatura indicado na tração
Fator de acomodação	Definição da norma usada para propriedade
Largura/profundidade	Dimensões e tolerâncias recomendadas
Características de movimento	Plástico, elástico, etc
Temperatura	Escala aceitável em uso
Resistência	Química, água
Vida útil	Normalmente esperada

Fonte: Ribeiro e Barros, 2007.

2.4 Vida útil

“[...]Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual)”. NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

A exposição à água da chuva, à umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação habitacional necessitam ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído (NBR 15575-1, ABNT 2013).

A vida útil das fachadas sofre ainda a influência do comportamento das propriedades dos elementos (sistemas) e dos seus componentes (subsistemas) e da interação entre estes ao longo do tempo. Dessa forma, fachadas que apresentam manifestação patológica principalmente em idades precoces devem ser avaliadas no sentido de verificar quais foram os fenômenos de degradação que conduziram à perda de sua funcionalidade e, por conseguinte, provocaram um envelhecimento prematuro em função da vida útil prevista (BAUER; CASTRO; SILVA, 2015).

A degradação da fachada pode ser atribuída aos efeitos combinados de diferentes mecanismos de degradação, ou seja, a sequência de várias alterações químicas ou físicas, ou ambas, que conduzam a alterações prejudiciais em uma ou mais propriedades dos componentes da fachada quando exposta a um ou mais fatores de degradação (incidência solar, chuva dirigida, dentre outros), tendo um forte impacto sobre o desempenho das edificações (BAUER; CASTRO; SILVA, 2015).

As edificações são suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e possuem, portanto, um valor social fundamental. Todavia, as edificações apresentam uma característica em específico que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender a seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso a que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais (ABNT NBR 5674, 2012).

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é um requisito econômico do usuário, pois está diretamente associado ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de atender as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender aos requisitos do usuário preestabelecidos é caracterizado como vida útil (ABNT NBR 15575-1, 2013).

O valor final atingido de vida útil (VU) será uma composição do valor teórico calculado como vida útil de projeto (VUP) sendo influenciado positivamente ou negativamente pelas ações de manutenção, intempéries e outros fatores internos de controle do usuário e externos (naturais) fora do seu controle (ABNT NBR 15575-1, 2013).

A Tabela 16 apresenta dados retirados da NBR 15575-1 (ABNT, 2013) em relação a vida útil de projeto (VUP) mínima em anos.

Tabela 16 - Vida útil de projeto (VUP)*

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 Conforme NBR 8681
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

O descaso em relação à necessária atenção para a manutenção das edificações pode ser constatada nos frequentes casos de edificações retiradas de serviço muito antes de cumprida sua vida útil projetada (VUP), causando muitos transtornos aos seus usuários e um sobrecusto intensivo dos serviços de recuperação ou construção de novas edificações (ABNT NBR 5674, 2012).

Significando custo relevante na fase de uso da edificação, a manutenção não pode ser feita de modo improvisado, esporádico ou casual. Ela deve ser atendida como um serviço técnico perfeitamente programável e como um investimento na preservação do valor patrimonial do imóvel (ABNT NBR 5674, 2012).

É de suma importância a elaboração e implantação de um programa de manutenção corretiva e preventiva nas edificações, além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada (ABNT NBR 5674, 2012).

2.5 Patologias

Uma patologia na construção, igualmente como na área da saúde, é uma situação onde as funções de um sistema não apresentam o desempenho esperado. Essa condição desvaloriza e reduz o tempo de vida útil da edificação além de trazer inconvenientes para os usuários.

Os problemas são identificados a partir dos sintomas patológicos apresentados pela edificação. Sabbatini (2001) afirma que considerando as etapas do processo de produção de edifícios, a maior parte dos problemas patológicos que ocorrem ao longo de sua vida útil, tem origem nas fases de elaboração do projeto e execução.

De acordo com Sabbatini (1999) são apontados dois fatores principais para as manifestações patológicas:

- Falta de projetos que levem em consideração parâmetros de desempenho e que considerem as necessidades das etapas de produção;
- Falta de domínio da tecnologia de produção dos revestimentos, mesmo aquelas existentes, por parte de toda a cadeia produtiva, começando pelos engenheiros e arquitetos e chegando até os assentadores.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE) classifica as anomalias de acordo com sua origem:

- Endógena: Originária da própria edificação;
- Exógena: Originária de fatores externos à edificação, provocados por terceiros;
- Natural: Originária de fenômenos da natureza;
- Acidental: Originária da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, conseqüentemente, término da vida útil.

De acordo com a classificação referente à origem, pode se dizer que são diversos os fatores que originam movimentos no edifício e, conseqüentemente, nas camadas de revestimento que o recobrem. Os movimentos que ocorrem nas camadas podem ser classificados segundo a sua natureza e agrupados segundo a sua reversibilidade, conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Classificação dos movimentos dos elementos construtivos quanto à sua natureza e à reversibilidade

Natureza	Movimento	Reversibilidade
Varição da temperatura	Movimento térmico (contração ou expansão dos materiais por variação de temperatura)	Reversível
Ação da umidade	Movimento higroscópico (retração ou expansão dos materiais por variação da umidade)	
	Comportamento intrínseco dos componentes e elementos do edifício	Expansão por umidade de placas cerâmicas Retração por secagem da argamassa de emboço ou da argamassa colante da camada de fixação
Ação do vento	Movimento do edifício por causa das cargas de vento	Irreversível ou reversível (avaliar cada caso especificamente)

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

2.5.1 Trincas, fissuras e gretamento

Segundo Barros e Sabbatini (2001), trincas, fissuras e gretamentos são fenômenos caracterizados por fazerem com que as placas cerâmicas percam a integridade de suas superfícies (SOARES, 2017).

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, sazonais e diárias. Essas variações repercutem numa variação dimensional dos materiais de construção (dilatação ou contração); os movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se no materiais, as tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras (THOMAZ, 1949).

Barros e Sabbatini (2001) diferenciam trincas e fissuras quanto às características impostas sobre os materiais. Trincas podem ser compreendidas como aberturas, geralmente, superiores a 1mm que provocam a ruptura das placas cerâmicas em duas partes. Já fissuras são rupturas parciais da massa do material, ou seja, não dividem o mesmo por completo, gerando aberturas liniformes inferiores a 1mm (SOARES, 2017).

Figura 10 - Trincas em revestimento cerâmico de fachada



Fonte: LIMA, MARINOTTE, DELBONI.

As movimentações térmicas de um material estão diretamente relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura; a magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material (THOMAZ, 1949).

Conforme Thomaz (1949) as trincas de origem térmica também podem surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material. As principais movimentações diferenciadas ocorrem em função de:

- Junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura (por exemplo, movimentações diferenciadas entre a argamassa de assentamento e componentes de alvenaria);
- Exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação às paredes de uma edificação);

- Gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente (por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura).

No caso das movimentações térmicas diferenciadas é importante considerar não somente a amplitude da movimentação, como também a rapidez com que esta ocorre. Se ela for gradual e lenta muitas vezes de um material que apresenta menor resposta ou que é menos solicitado às variações de temperatura pode absorver movimentações mais intensas do que um material ou componente a ele justaposto; o mesmo pode não ocorrer se a movimentação for brusca (THOMAZ, 1949).

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento de teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição desse teor de umidade provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo (THOMAZ, 1949).

A retração das argamassas aumenta com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existentes na mistura e com o teor de água de amassamento. Além desses fatores intrínsecos, diversos outros influenciam na formação ou não de fissuras de retração nas argamassas de revestimento: aderência com a base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação, etc (THOMAZ, 1949).

As fissuras desenvolvidas por retração das argamassas de revestimento apresentam distribuição uniforme, com linhas mapeadas que se cruzam formando ângulos bastante próximos de 90° . Segundo Joisel, se duas fissuras cruzarem-se com ângulos muito distintos de 90° , pelo menos uma delas não terá sido causada por retração (THOMAZ, 1949).

O gretamento das peças cerâmicas manifesta-se pela aparência de abertura liniformes sobre a superfície da placa, geralmente originada por variações dimensionais desta peça, seja por variação térmica ou higroscópica (TOLEDO, 2007).

Figura 11 - Gretamento de placas cerâmicas



Fonte: ESQUIVEL, 2001.

Campante (2000) indica que o gretamento ocorre pela perda da integridade da superfície da peça cerâmica, que pode ficar limitada a um defeito estético ou então evoluir para um descolamento, em caso de trincas; e lista como causas: dilatação e retração das placas cerâmicas, deformação estrutural excessiva, ausência de detalhes construtivos ou pela retração da argamassa de fixação (TOLEDO, 2007).

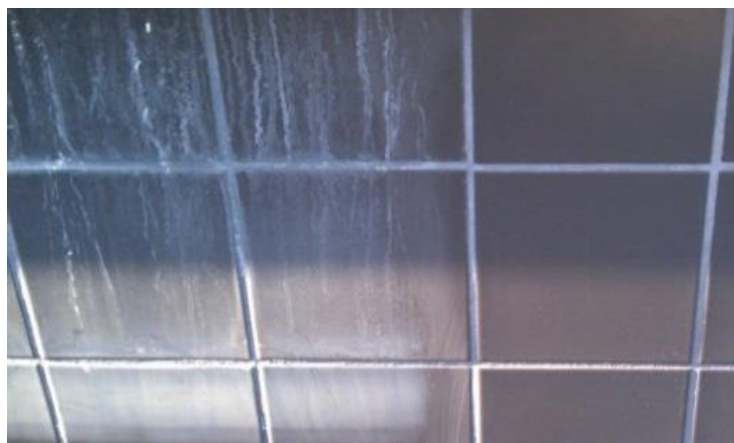
2.5.2 Eflorescência

A eflorescência pode ser caracterizada por um depósito branco na superfície do revestimento, este defeito é bastante visível em cerâmica escura ou em revestimento de tijolos vermelhos (SILVA, 2016).

Pode ser superficial, prejudicando, somente, a parte visual em que estão localizados os depósitos de sais ou então mais intensa e destrutiva podendo causar dano à estrutura pelo depósito mais profundo desses sais (CARASEK, 2010) (SILVA, 2016).

Esse fenômeno é causado por três fatores igualmente importantes: teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes do revestimento cerâmico de fachada, a presença de água e a diferença de pressão hidrostática para proporcionar a migração dos sais para a superfície. Caso exista a ausência de qualquer um desses fatores, não se observa a patologia (OLIVEIRA, 2020).

Figura 12 - Eflorescência em pastilhas cerâmicas



Fonte: OLIVEIRA, 2020.

Baseado nos estudos de Oliveira (2020), Sabbatini (2001) apresenta algumas providências que podem ser tomadas para evitar o aparecimento das eflorescências como:

- Redução do consumo de cimento Portland na argamassa de regularização: o que é possível a partir de uma dosagem racional à exemplo do que vem ocorrendo com a produção dos contrapisos; ou ainda especificando cimento com baixo teor de álcalis para a produção destas argamassas;
- Utilização de componentes cerâmicos para revestimentos de qualidade garantida e isentos de umidade residual;
- Garantir o tempo necessário para completa secagem de cada camada constituinte do subsistema revestimento;
- Evitar o uso de ácido clorídrico (impropriamente chamada de “ácido muriático”) durante a limpeza do revestimento logo após a execução do rejunte. E, caso se faça, tem que ser com concentração fraca.

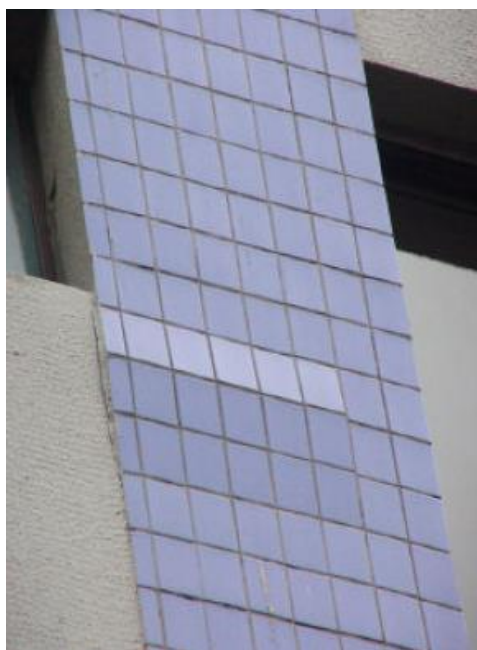
O autor diz que ao longo do tempo os sais são eliminados aos poucos e assim há uma tendência ao desaparecimento do fenômeno.

2.5.3 Descolamento e destacamento/desplacamento

Para Barros e Sabbatini (2001), a perda de aderência é um processo que ocorre por falhas ou ruptura na interface do revestimento cerâmico com a camada de fixação (argamassa colante) ou na interface desta com o substrato. Sua causa está diretamente ligada a tensões aplicadas sobre o revestimento cerâmico acima da capacidade de aderência das ligações (SOARES, 2017).

O descolamento do revestimento cerâmico pode acontecer por diversos fatores, principalmente por variações higrotérmicas e de temperatura e a instabilidade do suporte, devido à acomodação da estrutura da edificação. Outros casos que podem levar ao problema são: o grau de sollicitação do revestimento, as características das juntas de assentamento e movimentação e negligência na execução, sejam pela imperícia da mão de obra e/ou materiais em não conformidade com o previsto em projeto (SOARES, 2017).

Figura 13 - Descolamento de placas cerâmicas em fachada



Fonte: ESQUIVEL, 2001.

Silva (2014) complementa ao assunto que a perda de aderência é progressivo ao longo do tempo, não sendo necessariamente, com queda da placa cerâmica imediatamente. Além disso, o descolamento do revestimento cerâmico é identificado

pelo som oco das peças ao serem percutidas ou o afastamento físico da camada de acabamento (SOARES, 2017).

Segundo Roscoe (2008) “as situações mais comuns de descolamento costumam ocorrer por volta de cinco anos de conclusão da obra. A ocorrência cíclica das solicitações somada às perdas naturais de aderência dos materiais de fixação, em situações de subdimensionamento do sistema, caracteriza falhas que costumam resultar em problemas de quedas”. Em alguns casos pode não haver a queda dos componentes devido ao rejunte que dá sustentação entre as peças, porém quando há a percussão desses locais com martelo pode-se ouvir um som oco, sinal que existem vazios entre as camadas.

O destacamento do revestimento cerâmico ocorre em sequência ao descolamento, que quando não tratado de acordo com manutenção específica, se desprende da fachada completamente. Há assim a desprendimento/queda das placas cerâmicas danificadas, podendo estar acompanhadas de argamassa colante ou até mesmo parte da camada de emboço (SOARES, 2017).

Essa manifestação patológica entre as estudadas é a mais preocupante, pois leva risco à integridade dos moradores e transeuntes, representando até mesmo risco de morte, além de comprometer a habitabilidade da edificação em muitos casos (SOARES, 2017).

Figura 14 - Destacamento de revestimento cerâmico de fachada



Fonte: OLIVEIRA, 2020.

Conforme análise de Oliveira (2020); Campante (2001) cita e completa análise com outros fatores importantes para a origem dos problemas de destacamento como:

- **Materiais:** retração, movimentos térmicos e causados por umidade, deformações estruturais e de fundações, reações álcali agregados e existência de falhas na camada de assentamento.
- **Meio ambiente:** movimentos térmicos cíclicos, ciclo molhagem-secagem, chuvas ácidas, poluição e raios ultravioletas.
- **Construção:** sequência de trabalho, falhas na mistura das argamassas, cura inadequada, falhas na preparação da superfície;
- **Projeto:** seleção de material, mau projeto, especificação de trabalho, polímeros, tipo de mistura.

Na etapa de construção é muito importante acrescentar que a mão-de-obra da construção civil no Brasil encontra-se despreparada. Há falta de qualificação e treinamento dos profissionais e isso representa uma origem evidente no problema dos destacamentos (OLIVEIRA, 2020).

Temoche-Esquivel (2001), ao visitar 330 empreendimentos na cidade de São Paulo, pode observar, como mostrado na Tabela 18, que grande parte das manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos surgiu nas juntas, seja por deterioração do selante empregado no seu procedimento, resultando em manchas generalizadas, ou pela presença de fissuras e mesmo do destacamento de placas cerâmicas.

Tabela 18 - Ocorrência de problemas patológicos na região das juntas em revestimentos cerâmicos de fachada

Descrição	Número de ocorrências	Porcentagem
Deterioração do selante das juntas por manchamento	107	32,60%
Destacamento de placas cerâmicas	14	4,20%

Fonte: Temoche-Esquivel (2002).

2.5.4 Manifestações patológicas referente aos selantes

Por se tratar de um subsistema do sistema de revestimento cerâmico de fachadas, os selantes deveriam satisfazer requisitos de desempenho relacionados à durabilidade, dissipação de tensões, estanqueidade e estética dos seus produtos.

A prática mostra que as falhas geralmente se manifestam na interface selante/substrato ou no próprio selante (BELTRAME, 2009).

Causas de falhas relacionadas ao substrato de acordo com Beltrame, 2009:

- Presença de umidade: devido à secagem e à cura insuficiente ou ao substrato com presença de umidade constante. Durante a aplicação, deve ser realizado teste qualitativo para detecção desta umidade e também permitir a cura de substratos minerais constituídos por cimento e cal de, pelo menos, 28 dias;
- Presença de materiais contaminantes: falta ou preparação inadequada do substrato; a superfície ainda apresenta sujidades e outros materiais estranho no interior da junta;
- Baixa resistência mecânica ao substrato: na região da junta e, inclusive, com falhas superficiais nas bordas;
- Inexistência de primer: nem sempre há necessidade do uso deste material, mas na maioria dos substratos lisos ou com presença de umidade ou, ainda, muito poroso a presença de primer é imprescindível. Recomenda-se seguir as instruções do fabricante do produto.

Causas de falhas relacionadas ao selante de acordo com Beltrame, (2009):

- Resistência inferior à desejada: sensível à água e de baixa resistência a intempéries (radiação ultravioleta);
- Seleção inadequada do produto: o selante tem módulo de elasticidade e fator de acomodação inadequada para aquela dimensão e movimentação da junta;
- Pegajosidade: retendo sujeiras do meio ambiente;
- Escorrimento: Dimensão de junta (espessura e largura) e temperatura de exposição inadequadas, muito elevadas para aquele tipo de produto;
- Consistência elevada: levando a uma dificuldade para aplicação do produto, não permitindo preenchimento total da junta.

Além das causas de falhas citadas por Beltrame, serão citadas abaixo outras manifestações patológicas referentes aos selantes.

2.5.4.1 Perda de adesão

A perda de adesão é o tipo mais comum de falha do selante. É a perda da ligação entre o material selante e o substrato e pode representar um grave problema em juntas de fachadas, pois implica na perda da função do selante, o que resulta em problemas de estanqueidade no sistema de revestimento (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Figura 15 - Perda de adesão do selante



Fonte: RIBEIRO; BARROS, 2010.

De acordo com Ribeiro, 2006, em estudos, Ledbetter, Hurley e Sheehan (1998), citam que, a falha na adesão pode se originar, com facilidade, durante a aplicação o selante. Alguns fatores críticos a serem observados para evitar que ocorra a falha na adesão são relacionados a seguir:

- Condições de superfície: qualquer tipo de contaminação ou de partículas soltas deve ser removido da superfície em cujo selante será aplicado. A superfície também deve estar seca.
- Primer: o uso de primer é recomendado pelos fabricantes em alguns casos. Nesses casos, deve ser aplicado o produto para o tipo de selante utilizado, observando o tempo de secagem recomendado.

- Preenchimento da junta; deve ser observada a colocação correta do limitador de profundidade ou da fita isoladora para fornecer a área de adesão adequada e evitar o terceiro ponto de adesão.

- Temperatura inicial da junta: a temperatura a que a junta está sujeita no momento de aplicação do selante influencia no modo em que ela vai trabalhar. Recomenda-se que a instalação do selante seja realizada em temperaturas medianas, para que ela não trabalhe sob tração ou compressão extremas.

- Acabamento final eficaz: o acabamento final bem realizado é fundamental para remover as bolhas de ar, para assegurar o perfeito contato com o substrato e obter o perfil correto do selante.

Além desses fatores, a perda de adesão também pode ocorrer por falhas na especificação ou por deficiência do material selante, sendo alguns aspectos relevantes destacados na sequência:

- O selante é inadequado para o substrato e não adere nele.
- Envelhecimento precoce do selante: o selante torna-se resistente e mais limitado em sua potencialidade de movimento, acarretando falha, pois não pode mais absorver o movimento exigido.
- A junta tem largura insuficiente, de modo que o selante não tem outra possibilidade a não ser romper em sua adesão com o substrato. Deve-se assegurar na fase de projeto que a adesão selante-substrato não permaneça tensionada excessivamente por causa do dimensionamento inadequado da largura e profundidade do selante.

2.5.4.1 Falha coesiva do selante

A falha coesiva acontece dentro do próprio material do selante. Essa falha começa frequentemente com um pequeno entalhe no material (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Segundo o ACI 224 (ACI. 1995), a causa mais provável de uma falha coesiva é a ocorrência de um movimento da junta maior do que a capacidade que o selante tem de suportá-la. De maneira análoga, a falha coesiva poderá ocorrer caso um selante tenha capacidade de movimentação menor do que a especificada pelo fabricante e especificada para a junta. Assim, torna-se clara, mais uma vez, a importância do controle de qualidade do material selante (RIBEIRO, 2006).

Figura 16 - Ruptura coesiva de selante



Fonte: RIBEIRO E BARROS, 2010.

Conforme análise de Ribeiro (2006), Klosowski (1989) cita que na recuperação de juntas com ruptura coesiva, as opções são:

- Ampliar a junta de modo que possa ser utilizado um novo selamento empregando-se selante com a mesma capacidade de movimento que o original.
- Deixar a junta do mesmo tamanho e substituir por um selante com capacidade de movimento maior que o rompido.

2.5.4.2 Enrijecimento e craquelamento do selante

O calor, a chuva e a luz solar podem degradar o selante levando à oxidação, exsudação dos seus constituintes e a perda dos aditivos que o constituem, tais como plastificantes etc. Nesses casos, o selante está sujeito ao endurecimento, à degradação e eventual fissuração (Cognard, 2004), os quais podem desencadear a degradação do polímero e da falta de resistência do material à ação dos raios ultravioleta (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Figura 17 - Craquelamento de selante PU em juntas de movimentações de fachada



Fonte: CONSTRUTEC, 2020.

2.5.4.3 Manchamento do selante

Conforme Dow Corning (2005) o manchamento trata-se de um efeito visual esteticamente inaceitável, causado pelos materiais selantes sobre as superfícies circundantes as quais os selantes estão aderidos (RIBEIRO; BARROS, 2010).

Conforme análise de Ribeiro (2006), um selante, dependendo de sua formulação e da qualidade de seus componentes, pode causar manchamento em substratos porosos ou não-porosos por causa da migração do fluido para dentro dos poros do substrato, o que mancha a superfície exposta adjacente ao selante. Dessa forma, o fluido pode descolorir a superfície do substrato e também atrair poluição ou partículas do ambiente.

Figura 18 - Manchamento de selante



Fonte: RIBEIRO E BARROS, 2010.

Resumindo o que foi apresentado, têm-se que as falhas em juntas de movimentação seladas estão relacionadas às deficiências de projeto, execução e procedimentos de manutenção, notadamente:

- Ausência de dimensionamento da abertura;
- Posicionamento inadequado da junta;
- Escolha de materiais inadequados às condições de utilização;
- Deficiência nas características dos materiais de preenchimento;
- Deficiências na produção das juntas;
- Ausência de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Portanto, o tipo de falha que pode ocorrer em uma junta depende de inúmeros fatores, assim como do tipo de selante utilizado. A Tabela 19 correlaciona as falhas e as suas possíveis causas. Além dessas deficiências, é perceptível que a realidade nacional é agravada por ser o selante um dos materiais com os quais a própria engenharia, os mestres e os operários não estão familiarizados, o que possibilita um tratamento inadequado em seu uso, resultando em uma deficiente utilização, como afirma CHAVES (1998).

Tabela 19 - Possíveis causas de falhas em juntas seladas

Tipo de falha e causas	Manchamento	Perda de adesão	Falha coesiva	Destacamento de revestimento cerâmico
Erro de dimensionamento		X	X	X
Especificação inadequada do selante	X	X	X	X
Excesso de movimentação		X	X	X
Profundidade excessiva		X	X	
Profundidade insuficiente (selamento muito superficial)		X	X	X
Falha no preparo de superfície		X		
Falhas na aplicação		X	X	

Fonte: Ribeiro e Barros, 2010.

3 METODOLOGIA

No presente tópico, será apresentada a metodologia com o intuito de explicar os objetivos propostos no início do trabalho.

De acordo com o assunto referente ao uso de selantes nas juntas de movimentações de revestimentos cerâmicos de fachadas, foram realizados ensaios e análises dos tipos: Ensaio de Dureza Shore A, Ensaio de Resistência potencial de aderência à tração (tensão de ruptura e elasticidade), análise de fio de corte, análise de escorrimento do selante, análise de adesão do selante na junta e determinação de mudança na massa e volume.

Foram ensaiados três materiais: Selante MS, Selante de Poliuretano e Silicone. Conforme citado no tópico de tipos de selantes, os selantes MS possuem como vantagens excelentes atributos de coesão, adesão e resistência a intempéries e ao envelhecimento; os selantes de poliuretano possuem excelente resistência ao UV e os silicones possuem como vantagem a excelente resistência ao intemperismo e ao envelhecimento.

Além disso, foram escolhidos esses produtos por serem os mais utilizados em juntas de movimentações.

Foi optado por não utilizar primer no ensaio de tração, onde as juntas de movimentações foram simuladas. Além de ambas as fichas técnicas indicarem que não há necessidade do uso do produto, não foi utilizado para fazer um comparativo com trabalhos anteriores, os quais utilizaram primer e os resultados não foram satisfatórios.

Os seguintes ensaios referem-se à características que são apresentadas na ficha técnica de cada material. Dessa forma, adquire-se o material a partir da análise de sua ficha técnica e suas propriedades e características a qual os produtos devem atender.

Os ensaios destrutivos são caracterizados por causar danos na peça ou corpo de prova que está sendo ensaiado, provocando sua inutilização parcial ou total. Tais ensaios consistem em submeter um objeto já produzido ou que ainda será processado industrialmente a condições de esforços simulados em relação às suas condições de uso, podendo atingir limites extremos de solicitação. (FRANCESCHI; ANTONELLO, 2017).

3.1 Dureza Shore A

A dureza dos materiais é considerada como a resistência à deformação plástica permanente. Um determinado material que possui grande resistência à deformação plástica permanente também irá ter alta resistência ao desgaste, alta resistência ao corte e será difícil de ser riscado, logo, será duro em qualquer das situações.

A dureza, como propriedade física, é utilizada para indicar e comparar os materiais. É por meio da dureza de um material que podemos identificar a sua resistência à ruptura, assim como a capacidade de deformar-se sob a ação de uma carga de tração ou compressão ou de outro esforço qualquer. (ZOLIN, 2011).

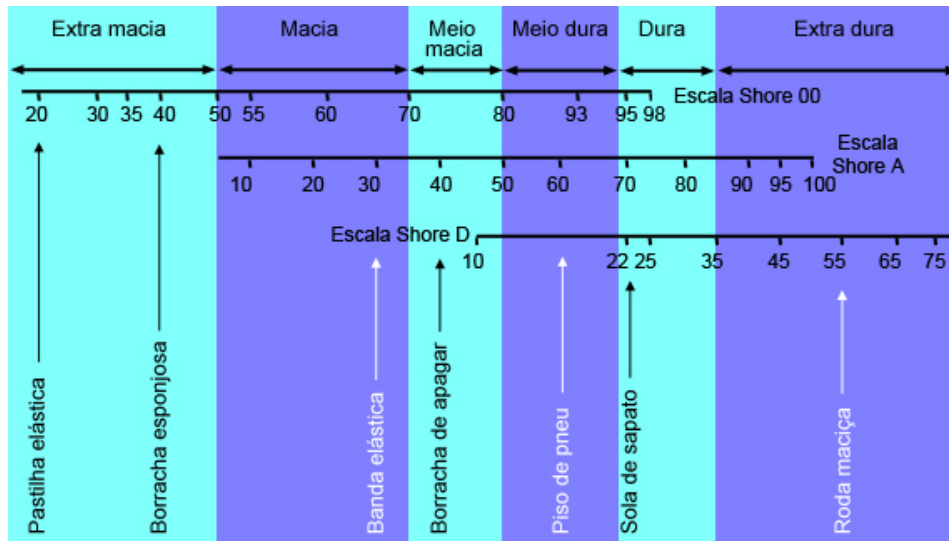
De acordo com a ISO 48-4 – Dureza de indentação por método durômetro (Dureza Shore), a dureza da borracha, medida por um durômetro ou medidor de bolso IRHD, é determinada a partir da resposta da borracha a uma identificação aplicada. A resposta é complexa e dependerá do:

- O módulo de elasticidade da borracha;
- As propriedades visco elásticas da borracha;
- A espessura da peça de teste;
- A geometria do penetrador;
- A pressão exercida;
- A taxa de aumento de pressão;
- O intervalo após o qual a dureza é registrada.

Conforme a ISO 868, referente à determinação de dureza de indentação por meio de um durômetro (Dureza Shore), são orientados o uso de durômetro do tipo A para materiais mais flexíveis e o tipo D para os materiais mais rígidos.

A Tabela abaixo, apresenta os níveis de dureza, bem como algumas das suas aplicabilidades.

Tabela 20 - Gradação da dureza da Borracha

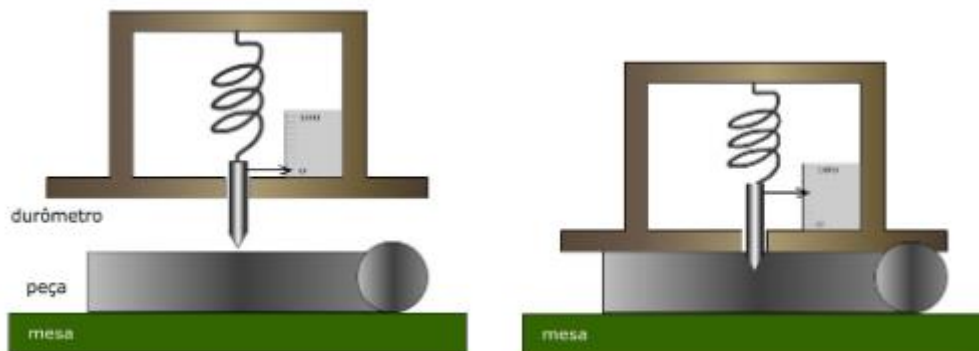


Fonte: Ciência e Tecnologia da Borracha.

O ensaio de Dureza Shore possui algumas características e vantagens, como por exemplo: Em grande maioria os equipamentos são portáteis e de fácil utilização; há possibilidade de medir durezas de peças grandes dimensões que não cabem em máquinas de penetração; impressão muito pequena sendo utilizada em peças acabadas; o ensaio é utilizado em polímeros, borrachas e metais. (CANALE; RUCKERT, 2020).

O material é submetido a uma pressão aplicada através de uma mola calibrada que atua sobre o endentador, que pode ser esférico ou cônico. Um dispositivo de indicação fornece a profundidade de endentação. O valor da dureza é dado pela profundidade da penetração, conforme Figura abaixo.

Figura 19 - Durômetro Shore



Fonte: RODRIGUES, 2014.

Conforme a ISO 7619-1, para os tipos A, D e AO, devem ser feitas cinco medições de dureza em posições diferentes, com pelo 6mm de distância entre um ponto e outro.

Foram ensaiados quatro corpos de prova de cada material, obtendo média dos resultados. A Figura 20 apresenta como tais foram moldados, em base de 4 x 4cm, obtendo distância suficiente para medições com distância mínima de 6mm.

Figura 20 - Corpos de prova moldados para o Ensaio de Dureza Shore A



Fonte: Autora.

Após o tempo de mínimo de cura especificado nas fichas técnicas, o ensaio foi realizado após 21 dias, conforme a imagem a seguir.

Figura 21 - Execução do ensaio de Dureza Shore A



Fonte: Autora.

3.1 Resistência potencial de aderência à tração

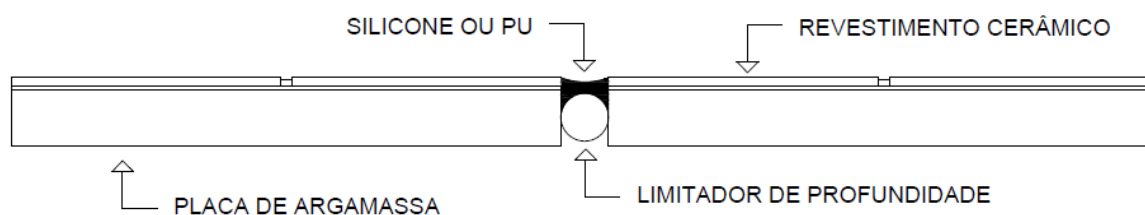
O ensaio de tração pode ser considerado o mais importante, devido à facilidade de execução e reprodução dos resultados. A partir do ensaio de tração é possível identificar a forma que os materiais reagem à tração, bem como os limites que suportam até que ocorra a ruptura.

O objeto que foi ensaiado, é chamado de corpo de prova, o qual é fundamental no ensaio de tração. A tensão de tração é aplicada no corpo de prova, o qual foi deformado até ocorrer rompimento do material.

3.1.1 Ensaio de tração – Tensão de ruptura

Para o ensaio de resistência a tração, os corpos de prova foram montados conforme Figura 22, a qual se resume em: placas de argamassa, as quais terão em sua superfície cimento cola e placa cerâmica. Foi utilizado o limitador de profundidade entre duas placas de argamassa, para representar uma junta de movimentação de revestimento cerâmico. Acima do limitador de profundidade, são utilizados os produtos que serão testados, selante MS, selante PU e silicone. As juntas onde se encontra o limitador de profundidade e os materiais elásticos, serão ensaiadas com as dimensões de 1cm, a qual está abaixo da largura mínima indicada pela NBR 13755 (ABNT, 2017); 1,5cm referente à largura mínima e 2 cm a qual está acima da largura mínima.

Figura 22 - Detalhamento dos corpos de prova



Fonte: Autora.

As placas de argamassa foram moldadas com as dimensões de 15cm x 20cm. A argamassa utilizada será a argamassa colante industrializada AC III. Já as placas cerâmicas que compuseram os corpos de prova serão do grupo BIIa, conforme NBR 13817 (ABNT, 2012), a qual apresenta absorção de água de $(4 \pm 1) \%$. Tais placas

possuíam tamanho de 20x20cm, logo, foram cortadas para ficar com o tamanho igual ao da placa, 15x20cm. A Figura abaixo apresenta a colagem das placas cerâmicas com a argamassa colante AC III.

Figura 23 - Colagem das placas cerâmicas com argamassa colante AC III



Fonte: Autora.

De acordo com a ISO 37, os corpos de prova são esticados em uma máquina de teste de tração em uma constante taxa de deslocamento, conforme apresentada na Figura 24. O corpo de prova é fixado através de cabeçotes, os quais podem ser acoplados por garras ou roscas. O ensaio ocorre através do deslocamento dos cabeçotes, conforme item 2 da Figura abaixo, a uma velocidade constante, fazendo com que ocorra carregamento sobre o corpo de prova. Dessa forma, o deslocamento continua e a máquina mede a carga instantânea que é aplicada e o alongamento provocado sobre o corpo de prova. A velocidade utilizada no ensaio foi de 5mm/min.

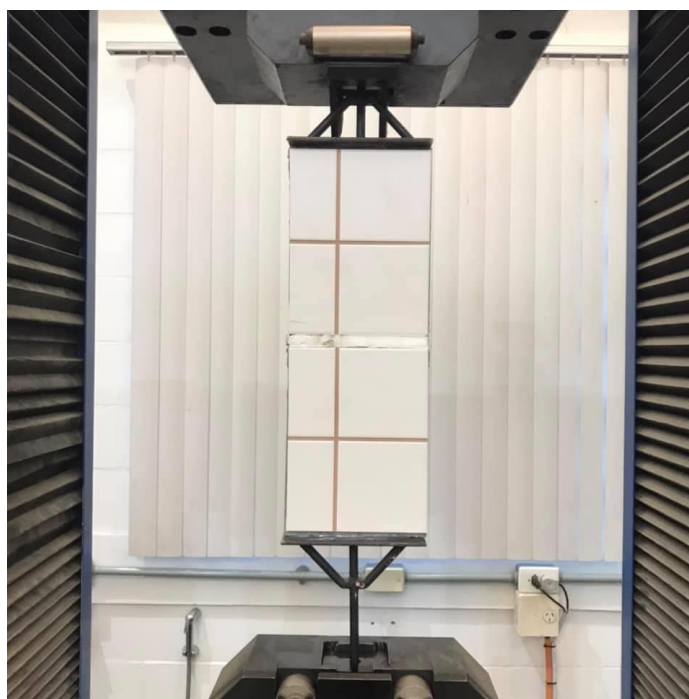
Figura 24 - Máquina de ensaio universal preparada para ensaio de tração



Fonte: FRANCESCHI; ANTONELLO, 2017.

Abaixo, imagem referente ao ensaio realizado com o corpo de prova já posicionados na máquina, fixado a partir de estruturas metálicas.

Figura 25 - Corpo de prova sendo tracionado – vista frontal



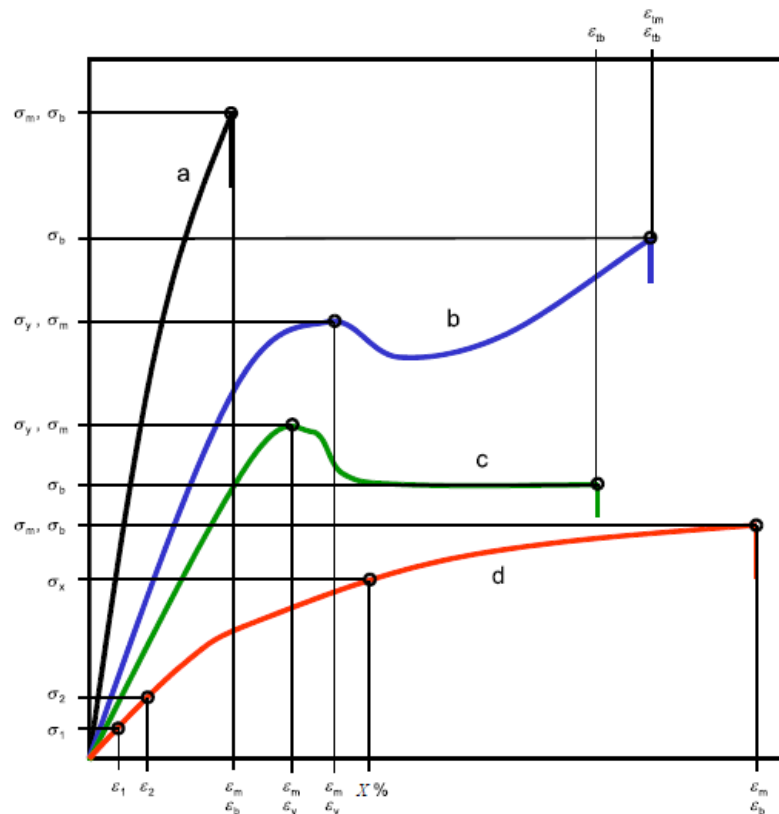
Fonte: Autora.

3.1.2 Ensaio de tração – Elasticidade

Além do ensaio realizado em corpos de prova como citado acima, é possível realizar o ensaio de tração, com objetivo de determinar a elasticidade do material, a partir de tensão.

De acordo com a ISO 527-1, referente à determinação da tração em plásticos, o material é estendido ao longo do seu eixo longitudinal principal, à uma velocidade constante até que atinja ruptura ou até que tensão ou deformação alcance um valor predeterminado. Durante o processo de ensaio, a carga sustentada pela amostra e o alongamento são medidos.

Figura 26 - Curvas de tensão/deformação típicas



Fonte: ISO 527-1 (ABNT, 2012).

A norma cita velocidades recomendadas para os ensaios, bem como as tolerâncias para cada velocidade. No presente ensaio, foi utilizada a velocidade de 50mm/min. São especificados também um mínimo de cinco corpos de prova, os quais foram moldados com o tamanho de 15x1x1cm. A Figura 27 apresenta a fôrma

utilizada para moldar os corpos de prova. Para que fosse possível deformar o material com mais facilidade, foi passado sabão neutro em toda a fôrma.

Figura 27 - Forma utilizada para moldar corpos de prova para o ensaio de elasticidade



Fonte: Autora.

Após o tempo de cura necessário, o material foi desenformado e ensaiado. A Figura a seguir apresenta o material logo após ser retirado da forma.

Figura 28 - Preenchimento de selante na forma

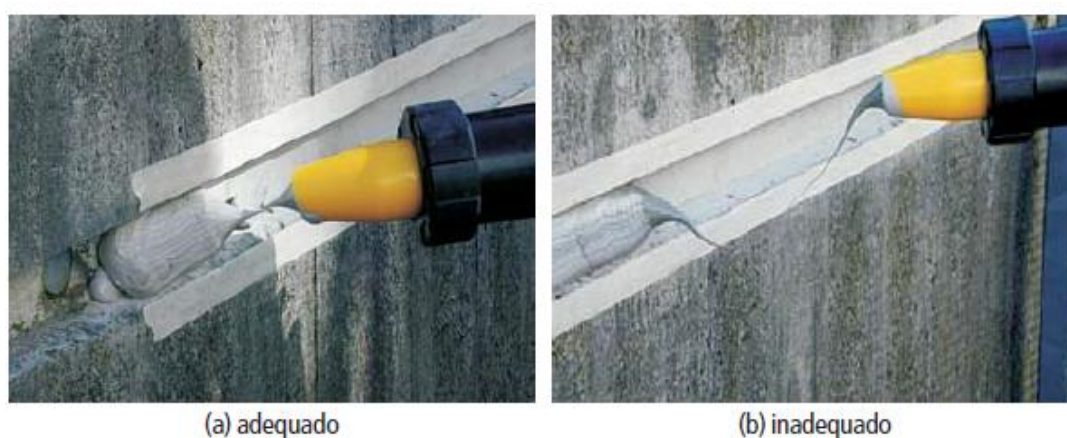


Fonte: Autora.

3.2 Análise do fio de corte

Um fator muito importante na aplicação do selante é o fio de corte. O fio de corte adequado é o curto, por não aderir em superfícies adjacentes. Quando longo, aumenta o risco de aderência do selante com locais não adequados, como alvenaria, ferramentas, entre outros; podendo ser removidos mecanicamente após a cura. A Figura 29 apresenta-se as formas adequadas (a) e inadequado (b).

Figura 29 - Fio de corte curto e longo



Fonte: BELTRAME, 2009.

Tais análises referente ao assunto, foram realizadas com cada tipo de material ensaiado no presente trabalho, conforme as Figura 30, para obter o fio de corte.

Figura 30 - Análise fio de corte adequado - selante MS



Fonte: Autora.

3.3 Adesão do selante na junta

O teste de aderência em campo auxilia a detectar problemas de aplicação, como limpeza inadequada, uso indevido de primer, aplicação de forma inadequada ou configuração incorreta da junta. O ensaio deve ser realizado no local da selagem, após a cura do selante.

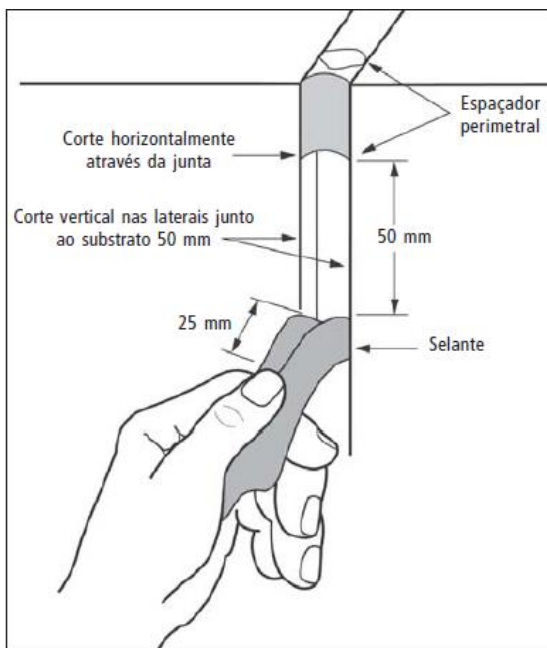
Abaixo, serão listados os itens para avaliação da adesão, conforme citado no estudo de Beltrame, 2009.

A avaliação deve ser realizada de acordo com os itens a seguir:

- a) Fazer um corte horizontal de um lado ao outro da junta por meio de estilete, conforme evidencia a Figura 31;
- b) Fazer dois cortes verticais (a partir do corte horizontal), com cerca de 5 cm de comprimento, nos dois lados da junta;
- c) Fazer uma marca de 2,5 cm no selante;
- d) Segurar firmemente um pedaço de 5 cm de selante logo abaixo da marca de 2,5 cm e puxar segundo o ângulo de 90°;
- e) Quando o produto for aplicado em dois diferentes substratos, realizar o ensaio em cada um dos ensaios separadamente. O ensaio deve se realizado estendendo-se o corte vertical ao longo da lateral de um dos lados da junta, com o cuidado de verificar se há adesão do lado oposto. Posteriormente, deve-se repetir o mesmo ensaio para o outro substrato;
- f) Observar se o selante deve se romper no ponto final da incisão.

Abaixo, a Figura 31 demonstra como deve ser realizado o ensaio.

Figura 31 - Ensaio de adesão do selante à junta



Fonte: BELTRAME, 2009.

No presente trabalho, foram analisados a adesão dos três materiais em corpos de prova iguais aos do ensaio de tração. Ambos os materiais obtiveram resultado positivo, sem adesão ao substrato e sem romper no ponto final da incisão.

Figura 32 - Análise de adesão do selante



Fonte: Autora.

3.4 Determinação de mudança na massa e volume

De acordo com a ISO 10563 referente à determinação de mudança na massa e volume de selantes utilizados na construção civil, é possível realizar ensaios para determinar a mudança na massa e volume de cada selante utilizado.

O ensaio consiste no preenchimento de 3 anéis metálicos para cada tipo de material em questão, conforme Figura 33.

Figura 33 - Preenchimento dos anéis metálicos com os selantes



Fonte: Autora.

Para a determinação da mudança na massa cada anel deve ser pesado no ar (massa m_1) e para a mudança de volume, os corpos de prova são pesados em água (massa m_2). Após o preenchimento dos anéis metálicos, foram pesados imediatamente no ar (massa m_3) para determinação da mudança na massa, e em água para a variação do volume (massa m_4).

Figura 34 - Anel metálico preenchido com selante pesado no ar, em balança com precisão de 0,01g



Fonte: Autora.

Após o processo de preenchimento das capsulas, as mesmas foram condicionadas em temperatura ambiente (23 ± 2)^o durante 28 dias.

Posteriormente, foram condicionados em estufa ventilada regulada a (70 ± 2)^o durante 7 dias.

Após os 7 dias na estufa ventilada, os anéis metálicos foram novamente condicionados em temperatura ambiente por 24 horas.

Por fim, as capsulas foram pesadas novamente, no ar (massa m5) em relação a variação na massa, e em líquido teste para a variação do volume (massa m6), conforme Figura abaixo.

Figura 35 - Anel metálico preenchido com selante pesado em água, em balança com precisão de 0,01g



Fonte: Autora.

3.4.1 Cálculo e expressão dos resultados – Mudança na massa

Para cada corpo de prova, a mudança na massa, foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\Delta m = \frac{m_5 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

Onde:

M1 é a massa, expressa em gramas, do anel metálico ou molde de metal antes do enchimento com o selante medido no ar;

M3 é a massa, expressa em gramas, do provete imediatamente após a preparação, medida no ar;

M5 é a massa, expressa em gramas, do provete imediatamente após o condicionamento.

Cálculo e expressão dos resultados – Mudança no volume

Para cada amostra de teste, a mudança no volume, foi calculada de acordo com a fórmula a seguir:

$$\Delta V = \frac{(m_5 - m_6) - (m_3 - m_4)}{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)} \times 100$$

Onde:

M2 é a massa, expressa em gramas, do anel de metal antes do enchimento com o selante, medida no líquido;

M4 é a massa, expressa em gramas, do corpo de prova imediatamente após a preparação, medido no líquido;

M6 é a massa, expressa em gramas, imediatamente após o condicionamento, medida no ensaio líquido.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resultados do ensaio de Dureza Shore A

A partir da leitura do durômetro digital, conforme apresentado na Figura 21, foi possível obter os resultados abaixo.

Todos os corpos de prova, de ambos os materiais, tiveram a dureza medida após 21 dias, respeitando o tempo mínimo de cura.

Para o Selante MS, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 21 - Dureza Shore A – Selante MS

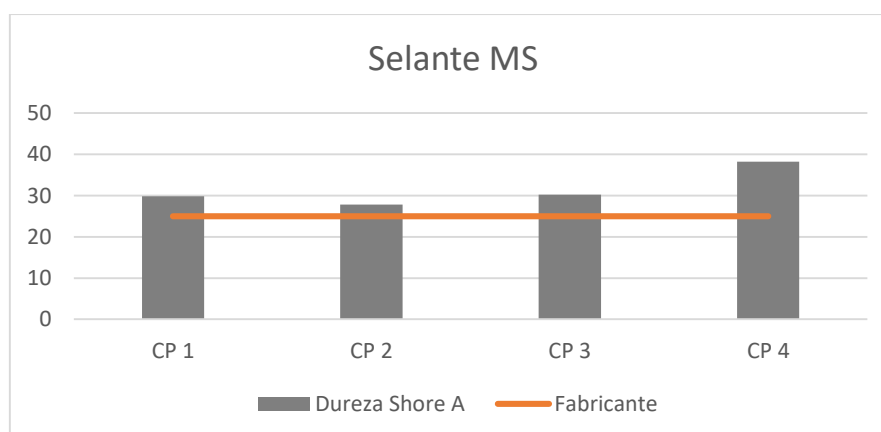
Amostra	1ª medição	2ª medição	3ª medição	4ª medição	5ª medição	Média Dureza Shore A
1	31	33	28	29	28	30
2	26	27	31	28	27	28
3	31	32	29	30	29	30
4	29	27	29	26	30	28
					Média	29

Fonte: Autora.

De acordo com a ficha técnica, a dureza esperada para o produto seria de 25 ± 5 . Dessa forma, é possível verificar que todos os corpos de prova atingiram resultados satisfatórios.

Ainda, conforme Tabela de gradação da borracha, o valor da média classifica a borracha como macia.

Gráfico 1 - Dureza Shore A – Selante MS



Fonte: Autora.

Os corpos de prova do Selante PU obtiveram os seguintes resultados:

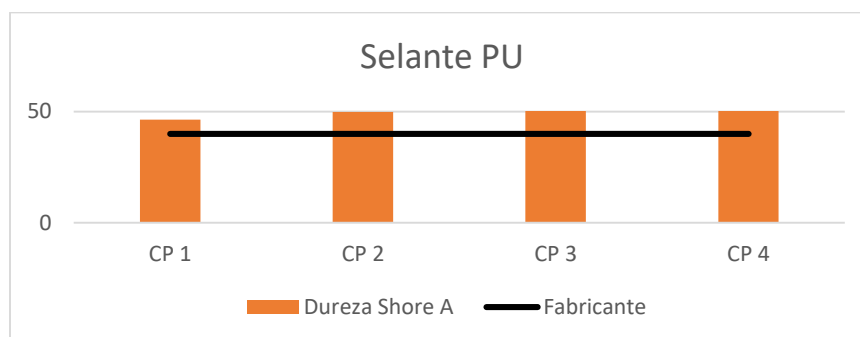
Tabela 22 - Dureza Shore A – Selante PU

Amostra	1ª medição	2ª medição	3ª medição	4ª medição	5ª medição	Média Dureza Shore A
1	47	46	39	51	49	46
2	54	43	53	50	49	50
3	50	53	56	50	49	52
4	58	50	53	51	49	52
					Média	50

Fonte: Autora.

Segundo o fabricante, a dureza prevista para o material é de 40 ± 5 . Os resultados foram superiores. De acordo com a Tabela de gradação da dureza, o material é classificado como meio macio.

Gráfico 2 - Dureza Shore A – Selante PU



Fonte: Autora.

Para o material Silicone, foram obtidos os seguintes resultados:

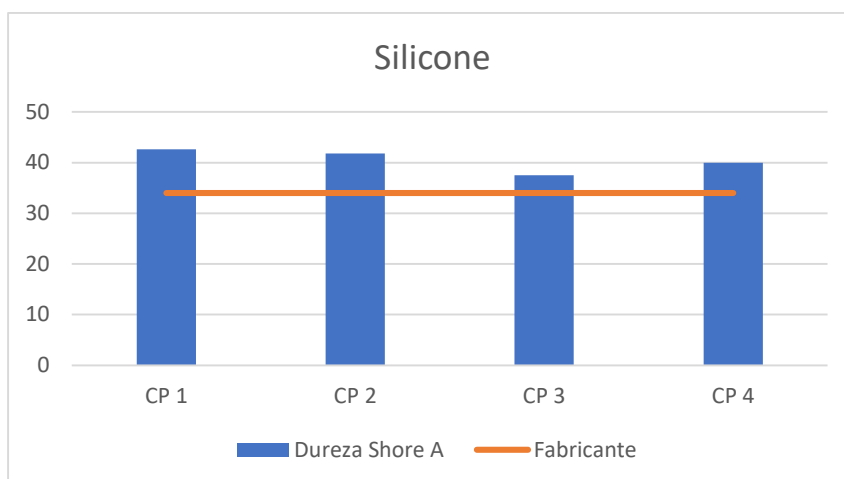
Tabela 23 - Dureza Shore A – Silicone

Amostra	1ª medição	2ª medição	3ª medição	4ª medição	5ª medição	Média Dureza Shore A
1	46	43	43	37	44	43
2	44	33	49	41	42	42
3	46	32	33	33	45	38
4	39	43	36	47	35	40
					Média	40,5

Fonte: Autora.

Conforme fabricante, a dureza Shore prevista para o material é de 34. Logo, todos os corpos de prova obtiveram resultados acima do esperado. De acordo com a média de 40,5 o material pode ser classificado como meio macio.

Gráfico 3 - Dureza Shore A – Silicone



Fonte: Autora.

4.2 Resultado dos ensaios de tração, referente à resistência do potencial de aderência à tração

Os corpos de prova foram submetidos à esforços perpendiculares, com força constante até que atingir ruptura da amostra.

Abaixo, os valores de força máxima obtidos para os corpos de prova do material selante MS, para as juntas de 10mm, 15mm e 20mm de largura.

Tabela 24 - Carga máxima suportada pelo selante MS para juntas de 10, 15 e 20mm

SELANTE MS	CP1 (kgf)	CP2 (kgf)	CP3 (kgf)	CP4 (kgf)	Pmédia (kgf)
Junta de 10mm	10,54	7,38	9,49	14,76	10,54
Junta de 15mm	24,25	20,03	24,25	22,14	22,67
Junta de 20mm	25,30	22,14	15,81	18,98	20,56

Fonte: Autora.

A seguir, os valores de força máxima obtidos para as juntas dos corpos de prova com 10, 15 e 20mm de largura, do material selante PU.

Tabela 25 - Carga máxima suportada pelo selante PU para juntas de 10, 15 e 20mm

SELANTE PU	CP1 (kgf)	CP2 (kgf)	CP3 (kgf)	CP4 (kgf)	Pmédia (kgf)
Junta de 10mm	42,17	44,28	41,12	43,23	42,70
Junta de 15mm	54,82	54,82	52,72	51,66	53,51
Junta de 20mm	74,86	76,97	69,58	91,73	78,29

Fonte: Autora.

Abaixo, os valores obtidos referentes ao material Silicone, para as juntas dos corpos de prova com 10, 15 e 20 mm de largura.

Tabela 26 - Carga máxima suportada pelo Silicone para juntas de 10, 15 e 20mm

SILICONE	CP1 (kgf)	CP2 (kgf)	CP3 (kgf)	CP4 (kgf)	Pmédia (kgf)
Junta de 10mm	39,01	33,74	34,79	41,12	37,17
Junta de 15mm	36,90	35,85	43,23	39,01	38,75
Junta de 20mm	44,28	46,39	39,01	43,23	43,23

Fonte: Autora.

A resistência potencial de aderência à tração em MPa pode ser obtida a partir da seguinte equação:

$$Ri = \frac{Pi}{Ai}$$

Onde:

Ri: Resistência potencial de aderência à tração, em MegaPascal;

Pi: Carga de ruptura, em Newton;

Ai: é a área do corpo de prova, em milímetros quadrados.

A partir do relatório de ensaio, obtém-se a força máxima em kgf, a qual resulta na ruptura do corpo de prova. Para converter os valores de força para Newton, multiplica-se por 9,80655. Após encontrar os valores em Newton, basta dividir pela área do corpo de prova, para obter a resistência potencial de aderência à tração. Como o selante é aderido em placas distintas, a área deve ser multiplicada por dois, para encontrar a área total. Abaixo, apresenta – se a equação referente à área das amostras.

$$A_i = h * C$$

Onde:

H: é a profundidade da junta;

C: é o comprimento da junta.

A Tabela a seguir, de acordo com o fator de forma 2:1, apresenta a profundidade da junta e a área dos corpos de prova, para cada largura de junta ensaiada.

Tabela 27 - Profundidade das juntas e área dos corpos de prova

Largura da Junta em mm (Fator de Forma 2:1)	Profundidade da Junta em mm (h)	Comprimento da Junta em mm ©	Área em mm ² (A _i)
10	5	150	1500
15	7,5	150	2250
20	10	150	3000

Fonte: Autora.

Devido aos valores baixos, multiplica-se o valor da resistência por 1000, obtendo o resultado em QuiloPascal (KPa).

A seguir, na Tabela 28, são apresentados os valores referentes à resistência potencial de aderência à tração para o selante MS.

Tabela 28 - Resistência potencial de aderência à tração para o Selante MS

SELANTE MS	CP1 (KPa)	CP2 (KPa)	CP3 (KPa)	CP4 (KPa)	Rmédia (KPa)
Junta de 10mm	68,91	48,25	62,04	96,50	68,92
Junta de 15mm	105,69	87,30	105,69	96,50	98,80
Junta de 20mm	82,70	72,37	51,68	62,04	67,20

Fonte: Autora.

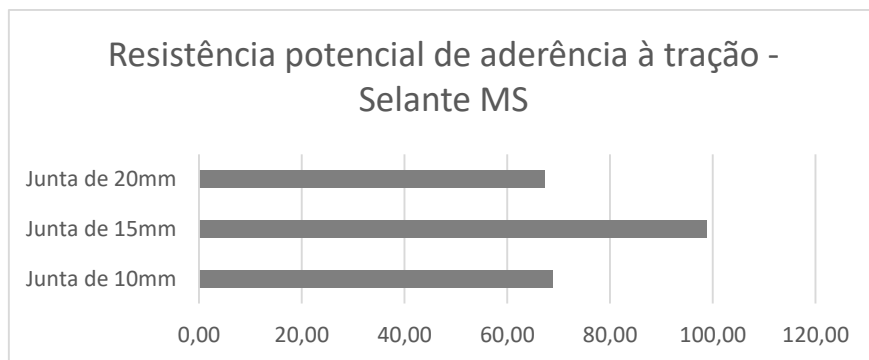
A partir dos resultados obtidos para a resistência potencial de aderência do selante MS, serão apresentadas algumas imagens para análise do comportamento em relação ao rompimento dos corpos de prova.

Figura 36 - Ensaio de tração nos corpos de prova do Selante MS



Fonte: Autora.

Gráfico 4 - Resistência potencial de aderência à tração – Selante MS



Fonte: Autora.

A Tabela 29 apresenta os valores referentes à resistência potencial de aderência à tração para o Selante PU.

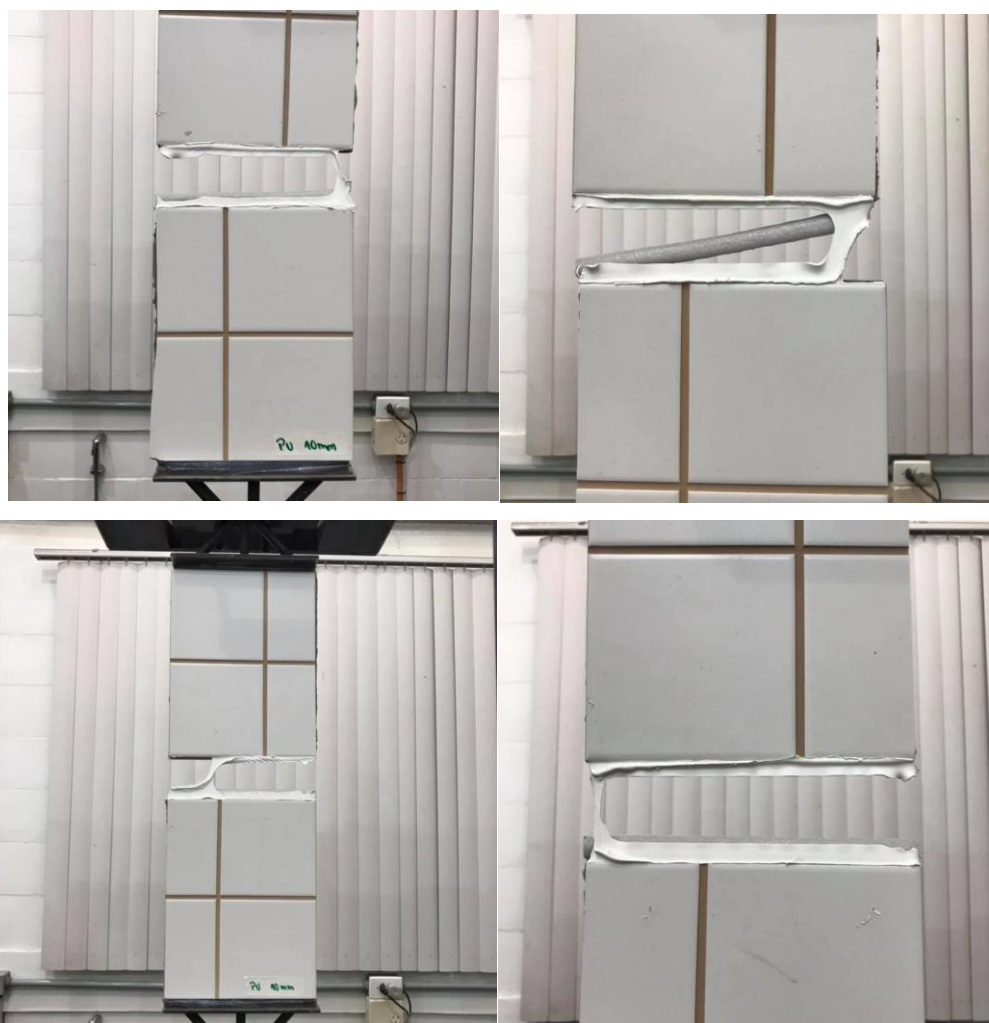
Tabela 29 - Resistência potencial de aderência à tração para o Selante PU

SELANTE PU	CP1 (KPa)	CP2 (KPa)	CP3 (KPa)	CP4 (KPa)	Rmédia (KPa)
Junta de 10mm	275,69	289,49	268,83	282,62	279,16
Junta de 15mm	238,93	238,93	229,78	225,16	233,20
Junta de 20mm	244,71	251,60	227,45	251,60	243,84

Fonte: Autora.

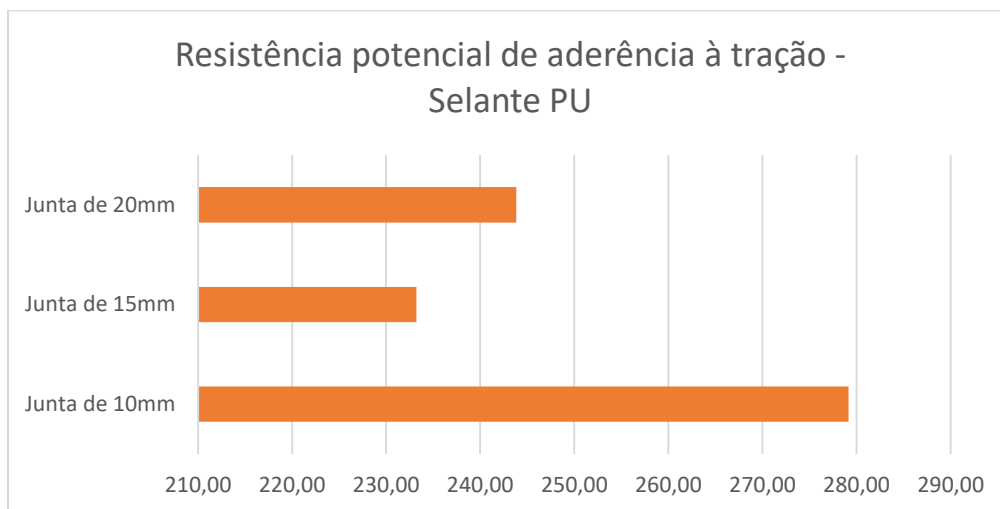
Abaixo, imagens referentes ao ensaio de tração do material selante PU.

Figura 37 - Ensaio de tração nos corpos de prova do Selante PU



Fonte: Autora.

Gráfico 5 - Resistência potencial de aderência à tração – Selante PU



Fonte: Autora.

Na Tabela 30, são apresentados os valores referentes à resistência potencial de aderência à tração do Silicone.

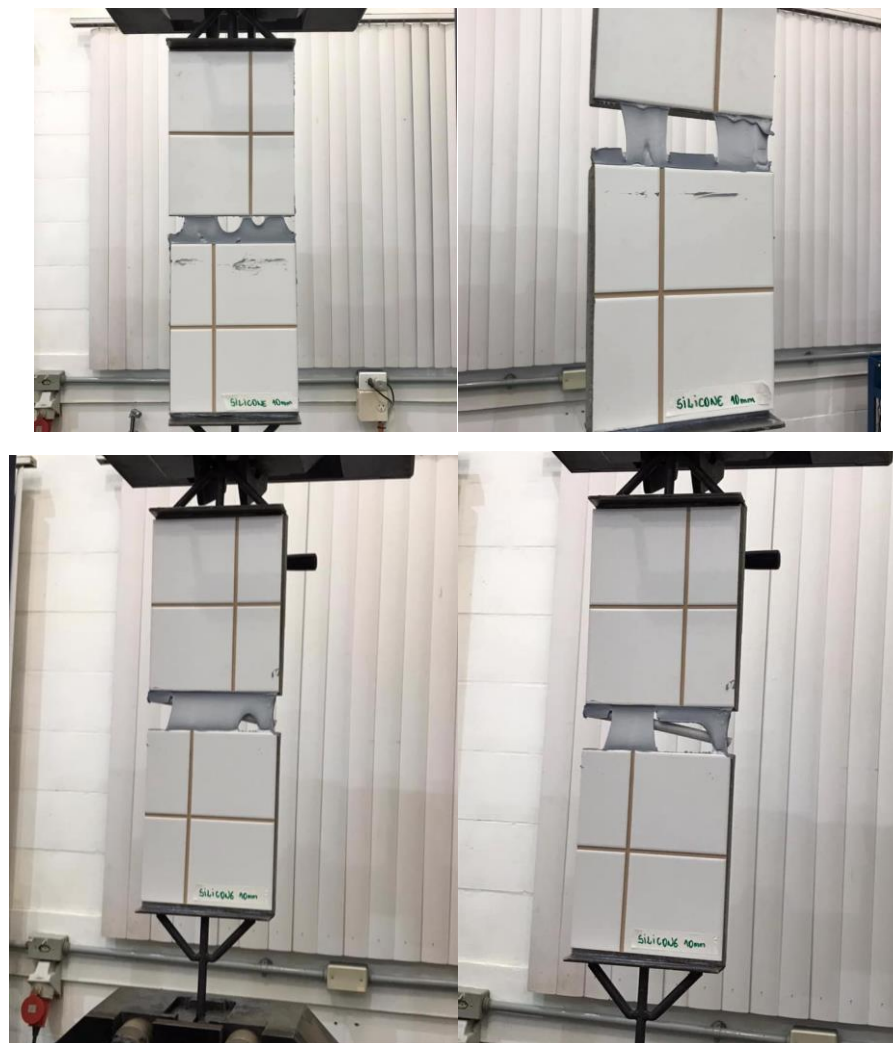
Tabela 30 - Resistência potencial de aderência à tração do silicone

SILICONE	CP1 (KPa)	CP2 (KPa)	CP3 (KPa)	CP4 (KPa)	Rmédia (KPa)
Junta de 10mm	255,04	220,58	227,45	268,83	242,97
Junta de 15mm	160,83	156,25	188,42	170,02	168,88
Junta de 20mm	144,74	151,64	127,52	141,31	141,30

Fonte: Autora.

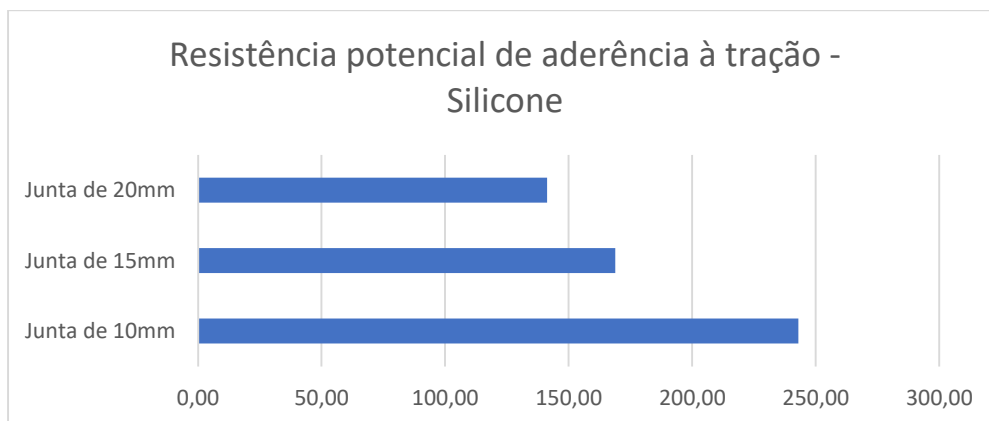
A seguir, serão apresentadas imagens do ensaio de tração do material silicone, para que seja analisada a forma de rompimento do material.

Figura 38 - Ensaio de tração nos corpos de prova do material Silicone



Fonte: Autora.

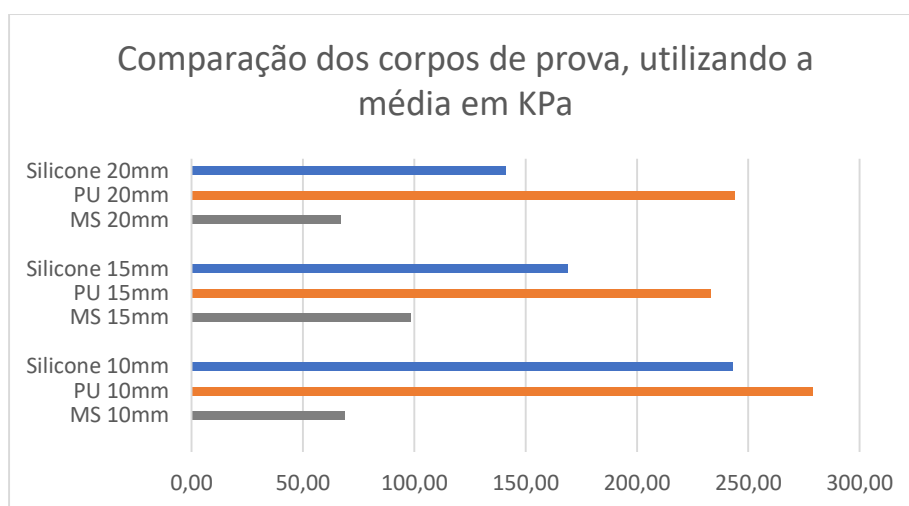
Gráfico 6 - Resistência potencial de aderência à tração – Silicone



Fonte: Autora.

Após a análise individual dos corpos de prova de cada material, será apresentado no gráfico abaixo, comparações em relação aos materiais com cada junta utilizada.

Gráfico 7 - Comparativo dos corpos de prova com junta de 10, 15 e 20mm



Fonte: Autora.

4.3 Resultado dos ensaios de tração, referente à elasticidade

De acordo com a DIN 53504, deve se calcular a tensão de tração no escoamento para todos os corpos de prova em questão, através da equação:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Onde:

Σ : tensão, expresso em megapascais (MPa);

F: força medida em questão, expressa em newtons (N);

A: Área da seção transversal inicial da amostra, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Para obter os resultados de força máxima em Newtons, os valores foram novamente multiplicados por 9,80655. Os corpos de provas possuíam 1cm de base e 1cm de altura, logo, área de 100mm².

Abaixo, seguem resultados referente às amostras do material selante MS. Tal material apresenta em sua ficha técnica o resultado de 0,36N/mm² para o Módulo de Elasticidade 100%

Tabela 31 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Selante MS

Selante MS	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Média
Força em N	31,00	31,00	31,00	41,40	41,40	35,16
Tensão em MPa	0,31	0,31	0,31	0,41	0,41	0,35

Fonte: Autora.

Dessa forma, a média de 0,35 MPa pode ser considerada um valor satisfatório.

Para os ensaios de elasticidade dos corpos de prova do Selante PU, os resultados de força e tensão máxima encontram-se na Tabela abaixo. A ficha do produto apresenta para o Módulo de Elasticidade 100% o valor de 0,60N/mm².

Tabela 32 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Selante PU

Selante PU	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Média
Força em N	72,37	62,07	72,37	62,07	72,37	68,25
Tensão em Mpa	0,72	0,62	0,72	0,62	0,72	0,68

Fonte: Autora.

Logo, o resultado obtido nos ensaios é superior.

A Tabela 33 apresenta os resultados referentes às amostras do material Silicone. A ficha técnica do produto não apresenta parâmetros para tal resultado.

Tabela 33 - Força máxima e tensão dos corpos de prova do material Silicone

Silicone	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Média
Força em N	72,37	72,37	72,37	62,07	62,07	68,25
Tensão em MPa	0,72	0,72	0,72	0,62	0,62	0,68

Fonte: Autora.

Os corpos de prova foram posicionados na máquina padrão, onde ocorreu o processo de tração, conforme Figura 39. Foi utilizada velocidade mínima.

Figura 39 - Selante PU preparado para ensaio de tração



Fonte: Autora.

Abaixo, são apresentados os valores referentes à deformação que cada corpo de prova sofreu. Os resultados em questão foram obtidos através dos relatórios da máquina.

A Tabela 34 apresenta as deformações, em milímetros, sofridas pelos corpos de prova do Selante MS.

Tabela 34 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Selante MS

Material MS	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Deformação (mm)	156,66	111,54	101,78	150,53	144,73

Fonte: Autora.

Abaixo, tabela referente à deformação das amostras do material Selante PU.

Tabela 35 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Selante PU

Selante PU	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Deformação (mm)	505,41	336,95	509,17	497,10	502,92

Fonte: Autora.

Os dados referente aos corpos de prova do material Silicone, estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 36 - Deformação sofrida pelos corpos de prova do Silicone

Silicone	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Deformação (mm)	252,30	298,11	264,87	189,02	211,52

Fonte: Autora.

4.4 Resultado dos ensaios de Determinação de mudança na massa e volume

A partir dos ensaios realizados para determinar a mudança na massa e volume, foram obtidos os seguintes resultados, em porcentagem.

Para a mudança na massa dos corpos de prova do Selante MS, é perceptível, a partir dos resultados com valores positivos, que houve expansão do material.

Tabela 37 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa – Selante MS

Selante MS	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,31	6,94	7,25
m3	37,27	38,15	36,24
m5	38,52	39,20	36,68
Δm (%)	4,17	3,36	1,52

Fonte: Autora.

Para os ensaios com material Selante PU, os valores foram negativos, significando que houve retração do material ensaiado.

Tabela 38 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa – Selante PU

Selante PU	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,72	6,89	7,84
m3	37,73	37,4	34,81
m5	35,51	35,03	32,24
Δm (%)	-7,40	-7,77	-9,53

Fonte: Autora.

Os corpos de prova do material silicone também indicam em retração, por resultarem valores negativos.

Tabela 39 - Resultados do ensaio de determinação da mudança na massa –
Silicone

Silicone	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,12	7,08	6,83
m3	47,66	42,72	41,89
m5	40,54	40,33	43,12
Δm (%)	-17,56	-6,71	3,51

Fonte: Autora.

Para os resultados referente aos ensaios de determinação da mudança no volume, foram obtidos os resultados a seguir.

Conforme resultados anteriores, o selante MS obteve valores positivos em relação a variação do volume, obtendo expansão.

Tabela 40 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume –
Selante MS

Selante MS	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,31	6,94	7,25
m2	4,48	4,96	5,31
m3	37,27	38,15	36,24
m4	14,44	14,09	14,17
m5	38,52	39,2	36,68
m6	14,8	14,21	14,58
ΔV (%)	4,45	4,21	0,15

Fonte: Autora.

Da mesma forma, os resultados obtidos para o selante PU e para o silicone, tabelas 41 e 42, respectivamente, seguem os mesmos parâmetros da variação de massa, resultando em retração do produto.

Tabela 41 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume –
Selante PU

Selante PU	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,72	6,89	7,84
m2	4,02	4,37	4,28
m3	37,73	37,4	34,81
m4	10,41	11,28	10,95
m5	35,51	35,03	32,24
m6	10,45	11,21	10,62
ΔV (%)	-9,57	-9,75	-11,03

Fonte: Autora.

Tabela 42 - Resultados do ensaio de determinação da mudança no volume –
Silicone

Silicone	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
m1	7,12	7,08	6,83
m2	5,17	4,95	5,08
m3	47,66	42,72	45,97
m4	16,34	15,27	16,22
m5	40,54	40,33	43,12
m6	16,67	15,65	16,47
ΔV (%)	-25,37	-10,94	-11,07

Fonte: Autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à propriedade de Dureza Shore A, a qual obteve-se os resultados à partir do ensaio utilizando durômetro portátil, pode-se concluir resultados satisfatórios, todos acima do recomendado pelos fabricantes. Dessa forma, é possível confirmar a garantia do produto em relação ao item em questão.

Apesar de todos materiais atingirem resultados satisfatórios, alguns obtiveram grande diferença em relação ao resultado disponibilizado pelo fabricante e o resultado obtido nos ensaios. No entanto o aumento significativo do valor, além do esperado, significa que o material se torna mais rígido, o que acaba sendo prejudicial para alguns fatores, como a trabalhabilidade por exemplo. Da mesma forma, conforme a dureza for baixando, o material vai se tornando mais flexível, não sendo viável para determinados usos. Conforme dados disponibilizados, o selante MS foi classificado como macio, sendo mais flexível; e o selante PU e silicone foram classificados como meio macio, apresentando um pouco mais de rigidez. Devido à isso, é de extrema importância que o resultado de Dureza Shore A seja atingido, com valores acima e próximo do indicado.

O ensaio de tração, utilizado para calcular a resistência potencial de aderência, teve como objetivo comparar os resultados dos corpos de provas de cada material, utilizando três larguras diferentes nas juntas. Cada material obteve características diferentes dos resultados, sem seguir o mesmo padrão.

Nos ensaios do material Selante MS, a carga máxima ocorreu nos corpos de provas com junta de 15mm, logo, também foi a maior resistência potencial de aderência à tração. As amostras com juntas de 10mm e 20mm apresentaram cargas máximas e resistência menores. Nesse caso, os resultados estão de acordo com os dados encontrados no ensaio de Dureza Shore A, os quais foram classificados, de acordo com a média, como borracha macia. Dessa forma, o material sendo flexível, acaba apresentando menos resistência em áreas menores, e em áreas maiores maior resistência. Nesse caso, a resistência dos corpos de provas com junta de 20mm não foram maiores por conta da carga máxima, apesar da área da junta ser maior.

Já nos ensaios do material Selante PU, as cargas máximas foram progressivas, chegando as cargas mais altas nos corpos de provas com juntas de 20mm. No entanto, em relação ao cálculo da resistência potencial de aderência a tração o resultado mais alto se dá à média dos corpos de prova com junta de 10mm. Assim,

pode se afirmar que devido à classificação da dureza em meio macio, o material apresenta mais rigidez em pequenas áreas; pois conforme a área da junta foi aumentando, a resistência foi baixando, apesar das cargas máximas serem mais altas.

Os ensaios do material Silicone seguiram o mesmo parâmetro do selante PU, por também ser classificado como borracha meio macia. A carga máxima foi resultado dos corpos de prova com junta de 20mm. Apesar disso, a maior resistência potencial de aderência à tração foi nos corpos de prova com junta de 10mm, os quais apresentam menor área e devido à rigidez maior do produto, maior resistência.

Em relação ao ensaio de tração, foi possível observar que o material macio apresentou maior resistência no corpo de prova de 15mm devido à sua flexibilidade e à área maior do corpo de prova. Já os materiais meio macios, apresentam maior resistência em juntas menores devido à sua rigidez suportar maior carga.

É de extrema importância citar o fato de que, o tamanho das juntas é analisado e dimensionado no projeto de fachadas, havendo a largura mínima de 15mm. Muitas vezes, a escolha por uma junta maior é apenas por estética, não levando em consideração resultados de estudos.

Em relação aos ensaios de elasticidade, foram realizados a partir de ensaios de tração, onde a partir da força máxima é possível calcular a tensão exercida. Os resultados obtidos para tensão foram satisfatórios, condizentes com as fichas técnicas. Os valores obtidos de deformação, a partir da máquina, mostram que em alguns produtos houve deformação referente à 3 vezes a medida inicial no corpo de prova.

Em análise realizada, foi possível observar o fio de corte dos selantes. Ambos os produtos quando aplicados resultaram em fio curto, o qual é a opção ideal para evitar aderência em superfícies adjacentes.

Outra análise realizada, foi a de adesão do selante na junta. Para esta análise, foi utilizado o mesmo corpo de prova do ensaio de tração, no qual foi simulado a junta de movimentação. O teste auxilia a detectar problemas de aplicação, desde a limpeza inadequada até a configuração incorreta da junta. Ambos os materiais foram analisados e obtiveram resultados positivos, sem adesão ao substrato e sem romper no ponto final da incisão.

Por último, foi realizado o ensaio de determinação de mudança da massa e volume dos produtos em questão. Nos corpos de prova do material Selante MS, houve expansão do material, tanto na mudança da massa, quanto na mudança do volume. Já nos produtos Selante PU e Silicone houve retração, na mudança de massa e volume. As fichas técnicas dos produtos citam capacidade de movimentação de 25% para selante MS, 20% para selante PU e 50% para o silicone, logo, ambos os resultados estão condizentes. No entanto, apesar dos resultados estarem de acordo com o informado pelo fabricante, é importante salientar que os casos de retração causam mais problemas, pois na medida que o material retrai, já ocorre a perda de adesão do selante.

A fim de evitar patologias nas fachadas de revestimentos cerâmicos, os fatores ensaiados e analisados comprovam a veracidade dos dados informados na ficha técnica de cada produto. Dessa forma, é possível escolher o material de acordo com dados requeridos para cada caso.

Dessa forma, à respeito dos três produtos, conclui-se que ambos são de boa qualidade e eficientes. No entanto, é possível afirmar que o material selante PU se destacou dentre os outros. De acordo com os ensaios, o material apresentou valor superior no ensaio de Dureza Shore A; carga máxima e resistência potencial de aderência à tração superior aos outros materiais, chegando a obter 3 vezes mais resistência do que o Selante MS; obteve tensão superior ao valor indicado pelo fabricante; ensaio de alongamento indicou deformação de 3 vezes o tamanho inicial do corpo de prova, sendo a maior entre os produtos ensaiados e, os ensaios de determinação da mudança da massa e volume, obtiveram 8,23% e 10,12%, respectivamente, ambos resultados respeitando parâmetros de 20% citado pelo fabricante

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Deixo a sugestão de realizar ensaios de envelhecimento acelerado dos selantes, onde poderá ser analisado juntamente com a questão do intemperismo, a diferença de absorção solar que ocorre em diferentes tons de cerâmicas.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, G R. Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/8932?mode=full>. Acesso em: 21 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13755**: Revestimento cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante – Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-3**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15258**: Argamassa para revestimentos de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas –SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7456**: Plástico – Determinação da Dureza Shore. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 7389**: Construção Civil – Produtos para juntas – Determinação da recuperação elástica de selantes. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 8339**: Construção Civil – Selantes – Determinação das propriedades de tração (Alongamento na ruptura). 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 8340:** Construção Civil – Selantes – Determinação das propriedades de tração na manutenção do alongamento. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9046:** Construção Civil – Produtos para juntas – Determinação das propriedades de adesão/coesão de selantes em temperatura constante. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9047:** Construção Civil – Produtos para juntas – Determinação das propriedades de adesão/coesão dos selantes em temperaturas variáveis. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 10545-3:** Placas Cerâmicas. Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 10545-7:** Placas Cerâmicas. Parte 7: Determinação da resistência à abrasão superficial para placas esmaltadas. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 13006:** Placas Cerâmicas – Definições, classificação, características e marcação. 2020.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico estudo de caso de edifícios de Brasília. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 151-159, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/rgJWnSMXFDHBx5tZgFcgNRn/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021.

BELTRAME, F. R. (Org.). **Aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas:** boas práticas. Porto Alegre: ANTAC, 2009. Disponível em: http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/completo_rt_5.pdf. Acesso em: 21 maio 2021.

CAMERA, D. Selante MS ou Selante PU: qual o melhor para a sua obra?. **Hard**, 6 fev. 2020. Disponível em: <https://blog.hard.com.br/selante-ms-ou-selante-de-pu-qual-o-melhor-para-a-sua-obra/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

CANALE, L.; RUCKERT, C. O. F. T. **Ensaio de Dureza.** Departamento de engenharia de materiais, aeronáutica e automobilística da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5234199/mod_resource/content/1/Aula%20Dureza.pdf. Acesso em: 13 out. 2020.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Revestimento Cerâmico em fachadas: estudo das causas das patologias.** Relatório de pesquisa. Fortaleza, 2004. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/132/anexo/03pespat.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2020.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). **DIN 53504:** Determination of tensile stress/strain properties of rubber. 2007.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). **DIN 53505**: Shore A and Shore D hardness testing of rubber. 2009.

DONATO, F. C.; MARTINS, I. C.; VIEIRA, L. H. L.; AMARAL, I. B. C.; REIS, A. B. Manifestações patológicas relacionadas a revestimentos cerâmicos na cidade de Ipatinga-MG. Revista Tecnológica, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, v. 27, n. 1, p. 82-94, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/45233>. Acesso em: 17 out. 2020.

DUREZA. **Ciência e Tecnologia da Borracha**. [S.l.]. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/propriedades-das-borrachas-vulcanizadas/propriedades-fisicas/propriedades-mecanicas/dureza/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ESQUIVEL, J. F. T. Avaliação do uso de revestimentos cerâmicos de fachada em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo: estudo de caso região sul – 1994 1998. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-17102004-201052/pt-br.php>. Acesso em: 5 jun. 2021.

FRANCESCHI, A.; ANTONELLO, M. G. **Tecnologia mecânica II**. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/139163880-Tecnologia-mecanica-ii-alessandro-de-franceschi-miguel-guilherme-antonello.html>. Acesso em: 28 maio 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 10563**: Building and civil engineering works – Sealants – Determination of change in mass and volume. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 11600**: Building construction – Jointing products – Classification and requirements for sealants. 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 188**: Rubber, vulcanized or thermoplastic: Accelerated ageing and heat resistance tests. 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 23529**: Rubber – General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods. 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 48-4**: Rubber, vulcanized or thermoplastic: Determination of hardness. Part 4: Indentation hardness by durometer method (Shore hardness). 2018

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 527-1**: Plastics – Determination of tensile properties – Part 1: General principles. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 7619-1**: Rubber, vulcanized or thermoplastic: Determination of indentation hardness. Part 1: Durometer method (Shore hardness). 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 868:** Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness). 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISSO). **ISO 37:** Rubber, vulcanized or thermoplastic: Determination of tensile stress-strain properties. 2017.

LIMA, A. S. Revestimento de fachada cerâmico e suas patologias. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão em Ambiente Construído) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/30922>. Acesso em: 23 abr. 2021.

LIMA, K. R.; MARINOTTE, T.; DELBONI, J. Levantamento e análise de manifestações patológicas em revestimento cerâmico de fachada em edifícios residenciais do bairro Jardim da Penha em Vitória – ES. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Capixaba da Serra, Vitória/ES, 2017. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/06/levantamento-e-analise-de-manifestacoes-patologicas-em-revestimento-ceramico-de-fachada-em-edificios-residenciais-do-bairro-jardim-da-penha-em-vitoria-es.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2021.

LUZ, M. de A. Manifestações Patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada em três estudos de caso na cidade de Balneário Camboriú. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído – Sistemas Construtivos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87309>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos das fachadas de edifícios. Boletim técnico. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt_00246.pdf. Acesso em: 5 jun. 2021.

OLIVEIRA, G. B. de A. Estudo de caso de patologias em revestimento cerâmico em fachada de um edifício em Brasília-DF. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília/DF, 2013. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6347>. Acesso em: 28 maio 2021.

OLIVEIRA, L. A. Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves. Dissertação doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08092010-125813/pt-br.php>. Acesso em: 2 nov. 2020.

OLIVEIRA, P. M. F. de. Execução de fachada com revestimento cerâmico conforme a NBR 13755. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2019.4/execucao-de-fachada-com-revestimento-ceramico-conforme-a-nbr-13755.pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.

PEZZATO, L. M.; SICHIERI, E. P. Patologias no Sistema Revestimento Cerâmico: Análise sobre o atendimento ao consumidor realizado pelo Centro Cerâmico do

Brasil. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 13, n. 3, maio/jun. 2008. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657357f8c9d6e028b473a>. Acesso em: 15 jun. 2021.

RIBEIRO, F. A. Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do Estado da arte. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01122006-164028/pt-br.php>. Acesso em: 19 mar. 2021.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00462.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. **Juntas de movimentações em revestimentos cerâmicos de fachadas**. São Paulo: Editora Pini, 2010.

RODRIGUES, L. E. M. J. **Ensaio mecânicos de materiais: ensaio de dureza**. São Paulo: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2014.

ROSCOE, M. T. Patologias em revestimento cerâmico de fachada. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12524045/patologias-em-revestimento-ceramico-de-fachada-cecc-ufmg>. Acesso em: 2 mar. 2021.

SILVA, E. M. Manifestações patológicas em revestimentos: análise e terapia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_ELISEU%20MEZZOMO%20DA%20SILVA.pdf. Acesso em: 25 maio 2021.

SOARES, C. H. A. Análise de desempenho de revestimento externo de fachada: cerâmico e argamassado com intuito de avaliar a manutenção corretiva adequada a ser utilizada no estudo de caso em Águas Claras – DF. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília/DF, 2017. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13220/1/21340282.pdf>. Acesso em: 7 out. 2020.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. Editora PINI. São Paulo, 1949.

TOLEDO, L. B. F. Patologia em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: estudo regionalizado para a cidade de Divinópolis-MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ISMS-7GSLZJ>. Acesso em: 13 nov. 2020.

WEBER SAINT-GOBAIN. **Boletim técnico selante PU30 Quartzolit**. [S.l.], 2020. Disponível em: https://www.quartzolit.weber/files/br/2021-05/BT_PU30_-_new_layout.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

ZOLIN, I. **Ensaio mecânico e análises de falhas**. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Santa Maria, 2011. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/15_ensaios_mecanicos_analises_falhas.pdf. Acesso em: 4 maio 2021.