

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

VINÍCIUS MACEDO PARISOTTO

**VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL
EXTERNA E DE PISO EM *RETROFIT* DE EDIFICAÇÃO SOB A
ÓTICA DA NBR 15575**

Porto Alegre

Maio de 2022

VINÍCIUS MACEDO PARISOTTO

**VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL
EXTERNA E DE PISO EM *RETROFIT* DE EDIFICAÇÃO SOB A
ÓTICA DA NBR 15575**

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

Orientadoras:

Lais Zucchetti

Fernanda Lamego Guerra

Porto Alegre

Maio de 2022

VINÍCIUS MACEDO PARISOTTO

**VERIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL
EXTERNA E DE PISO EM *RETROFIT* DE EDIFICAÇÃO SOB A
ÓTICA DA NBR 15575**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelos Professores Orientadores e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Laís Zucchetti

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Fernanda Lamego Guerra

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Caroline Giordani

Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Jéssica Deise Bersch

Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Ademar e Eli, e a todos os professores que me apoiaram durante minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram presentes durante minha trajetória e permitiram que a concretização da Graduação se tornasse realidade, principalmente aos meus pais e meus irmãos, que sempre me deram suporte do início ao fim da minha jornada no curso.

Meu agradecimento especial também às minhas orientadoras, Laís e Fernanda, por toda a disponibilidade, aprendizados e apoio que me forneceram durante a realização deste trabalho.

Obstáculo é aquilo que você enxerga quando
tira os olhos do seu objetivo.

Henry Ford

RESUMO

Muitos podem ser os motivos que levam ao *retrofit* de uma edificação: recuperação da vida útil de uma edificação histórica, atualização de tecnologias e mudança no uso e operação do edifício são alguns deles. Ainda durante a fase de projeto de um *retrofit*, diversas decisões devem ser tomadas a fim de adequar a edificação à sua nova configuração, principalmente em relação aos níveis de desempenho de seus sistemas construtivos entregues aos usuários. Embora não contemple o *retrofit* de edificações, a NBR 15575 (ABNT, 2021) fornece as orientações necessárias para avaliar o atendimento das exigências de usuários quanto ao desempenho das edificações habitacionais, como segurança a incêndios, estanqueidade, desempenho estrutural, acústico, térmico, entre outros. Ela é desenvolvida a partir de requisitos e critérios, que expressam qualitativa e quantitativamente o desempenho esperado pelos usuários das edificações. Com o presente estudo, pretendeu-se realizar uma verificação do sistema de piso (SP) e do sistema de vedação vertical externa (SVVE) no *retrofit* de uma edificação existente, na cidade de Porto Alegre/RS. Foram utilizados diferentes métodos, todos embasados por referências normativas, para se avaliar o atendimento aos requisitos e critérios relacionados à estanqueidade do SP e do SVVE, à durabilidade do revestimento externo da edificação e ao desempenho térmico do SVVE. Através do acompanhamento *in loco* de determinados serviços, como a execução de impermeabilização e a confecção de um protótipo de brise na fachada, aliado aos métodos de cálculo, ensaios e simulação em programa computacional, fez-se a verificação do cumprimento ou não dos níveis mínimos de desempenho para cada situação. A partir do trabalho se constataram diversas inconsistências - como a ausência de projetos específicos dos sistemas e a supressão de elementos importantes como constituintes dos SP e SVVE. Além disso, a execução nem sempre seguiu recomendações de fabricantes ou normativas, o que pode implicar em futuras manifestações patológicas nos elementos e sistemas construtivos da edificação, mesmo que tenham, em um primeiro momento, sua avaliação de desempenho aprovada.

Palavras-chave: *retrofit*; desempenho; sistema de vedação vertical externa; sistema de piso; durabilidade; estanqueidade; desempenho térmico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma representativo dos sistemas, critérios e requisitos abordados para cada elemento, segundo a NBR 15575 (ABNT,2021).....	16
Figura 2 - Vista aérea do empreendimento alvo do <i>retrofit</i>	17
Figura 3 - Planta baixa do pavimento tipo, com apartamentos tipo numerados, sala de utilidades (U) e sala de medidores (M).....	18
Figura 4 - Planta baixa do apartamento tipo final 03, com cotas em cm.....	19
Figura 5 - Foto do apartamento tipo final 03 decorado, com mobiliários e acabamentos finais....	19
Figura 6 - Principais alterações realizadas nos apartamentos, representadas no apartamento tipo final 03.....	20
Figura 7 - Mapeamento das áreas impermeabilizadas no pavimento tipo da edificação.....	25
Figura 8 - Impermeabilização da área de box até a altura de 50cm.....	26
Figura 9 - Detalhe arquitetônico da mureta do box.....	27
Figura 10 - Representação da área molhada do apartamento tipo final 12, com cotas em cm.....	28
Figura 11 - Corte AA representativo do sistema de impermeabilização em box de banheiro, com cotas em mm.....	29
Figura 12 - Detalhe representativo das camadas do sistema de impermeabilização no encontro com o ralo, com cotas em mm.....	30
Figura 13 - Área de box pronta para receber a impermeabilização.....	33
Figura 14 - Regularização com falhas em volta do ralo antes de receber impermeabilização.....	34
Figura 15 - Ilustração da tela aplicada no interior e entorno do ralo, pronta para receber nova demão de impermeabilizante.....	35
Figura 16 - Impermeabilização danificada na região do ralo.....	37
Figura 17 - Placa em área impermeabilizada informando sistema, consumo, número de demãos e datas das atividades.....	38
Figura 18 - Planta baixa do apartamento tipo final 12, com a janela JPVC04 indicada em retângulo vermelho.....	41
Figura 19 - Detalhe da esquadria JPVC 04.....	42
Figura 20 - Detalhe do ressalto no vão acabado inferior da esquadria.....	43
Figura 21 - Perfil em PVC com 2 trilhos para janela de correr (Fabricante A).....	44

Figura 22 - Perfil em PVC para janela de correr (Fabricante B).....	45
Figura 23 - Vão de janela em apartamento de final 16 após remoção de esquadria existente.....	46
Figura 24 - Zoneamento bioclimático brasileiro, adaptado da NBR 15220.....	49
Figura 25 - Demonstração da área efetiva de abertura para ventilação do ambiente de permanência prolongada (A_v ,APP) na esquadria JPVC04.....	50
Figura 26 - Representação da área de piso do ambiente de permanência prolongada no apartamento tipo final 12.....	51
Figura 27 - Comportamento da vida útil sem ações de manutenção e vida útil de projeto (VUP), que considera a realização de manutenções pelo usuário conforme manual de uso...55	55
Figura 28 - Vista externa da edificação, anterior ao <i>retrofit</i> , mostrando a fachada Leste.....	56
Figura 29 - Apartamentos tipo 02 e 03, que recebem os brises verticais em frente às janelas.....	59
Figura 30 - Fachada oeste do empreendimento, com os brises verticais destacados em laranja.....	60
Figura 31 - Estrutura formada por perfis galvanizados do tipo U em brise vertical protótipo.....	63
Figura 32 - Plaqueamento do brise com chapa de gesso revestido indicado para fachadas.....	64
Figura 33 - Protótipo do brise após aplicação de massa cimentícia.....	65
Figura 34 - Obtenção do azimute referente à fachada oeste, no valor de 251°.....	66
Figura 35 - Carta solar gerada para a orientação da fachada oeste do empreendimento.....	67
Figura 36 - Sobreposição da vista aérea da edificação com sua carta solar correspondente.....	68
Figura 37 - Elementos horizontais, indicados por setas azuis, e brises verticais, por setas vermelhas.....	69
Figura 38 - Ilustração representativa da determinação do ângulo Alfa inserido como parâmetro no software para a situação de estudo.....	70
Figura 39 - Ilustração representativa dos ângulos Beta 1 e Beta 2 inseridos no software para a situação de estudo.....	70
Figura 40 - Determinação esquemática do ângulo Alfa, com cotas em cm dos brises horizontais.....	71
Figura 41 - Traçado da linha na cor cinza referente ao elemento horizontal.....	72

Figura 42 - Determinação dos ângulos Beta 1 e Beta 2 para a situação A, com cotas em cm dos brises verticais.....	73
Figura 43 - Situação A. Carta solar com resultados dos brises horizontais e verticais.....	73
Figura 44 - Determinação dos ângulos Beta 1 e Beta 2 para a situação B, com cotas em cm para o brise vertical.....	74
Figura 45 - Situação B. Carta solar com resultados dos brises horizontais e verticais.....	75
Figura 46 - Fluxograma representativo do SP e SVVE, com os resultados obtidos.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Alterações nos apartamentos e configuração anterior ao <i>retrofit</i>	20
Quadro 2 - Objetos de estudo e métodos empregados para cada elemento.....	23
Quadro 3 - Comparação entre as recomendações dispostas na NBR 9574 (ABNT, 2008) e as citadas pelo fabricante do impermeabilizante.....	32
Quadro 4 - Tipos de esquadrias de PVC presentes no pavimento tipo, com sua localização e dimensões.....	40
Quadro 5 - Resumo dos resultados encontrados no ensaio de resistência de aderência à tração no revestimento externo em argamassa.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados técnicos informados pelo fabricante do impermeabilizante.....	31
Tabela 2 - Área efetiva de abertura para ventilação das janelas utilizadas no pavimento tipo.....	51
Tabela 3 - Percentuais mínimos de abertura para ventilação, de acordo com a Zona Bioclimática.....	52
Tabela 4 - Verificação dos percentuais de abertura para ventilação do ambiente de permanência prolongada ($P_{V,APP}$) para todos os APP do pavimento tipo.....	53
Tabela 5 - Especificações técnicas fornecidas pelo fabricante das placas utilizadas no protótipo dos brises.....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Sobre o empreendimento.....	16
1.2. Objetivo.....	21
1.3. Delimitações.....	21
1.4. Limitações.....	22
2. MÉTODO.....	22
3. VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO.....	24
3.1. Sistema de piso.....	24
3.1.1. Desempenho quanto à estanqueidade do sistema de piso.....	25
3.1.1.1. Especificações de projeto	25
3.1.1.2. Características do material utilizado para sistema de impermeabilização de piso.....	30
3.1.1.3. Procedimento executivo da impermeabilização.....	32
3.2. Sistema de vedação vertical externa.....	39
3.2.1. Esquadrias de PVC e interfaces.....	39
3.2.1.1. Desempenho quanto à estanqueidade do SVVE.....	40
3.2.1.1.1. Especificações de projeto	40
3.2.1.1.2. Fabricantes e materiais das esquadrias.....	43
3.2.1.1.3. Procedimento de instalação.....	45
3.2.1.2. Desempenho térmico do SVVE.....	48
3.2.2. Revestimento Externo.....	53
3.2.2.1. Desempenho quanto à durabilidade do revestimento externo.....	54
3.2.3. Brises da fachada.....	58
3.2.3.1. Projeto e materiais especificados.....	58
3.2.3.2. Execução de protótipo.....	61
3.2.3.3. Desempenho térmico dos brises.....	65

3.2.3.3.1. Verificação da orientação e sombreamento.....	65
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXO A.....	82
ANEXO B.....	84

1. INTRODUÇÃO

Toda e qualquer edificação a ser construída possui, para todos os seus elementos construtivos, uma vida útil a ser considerada após a qual a edificação passa a não atender mais os requisitos mínimos de desempenho previstos em projeto. Em casos como esses, principalmente em edificações pré-existentes, são propostas reabilitações a fim de recuperar suas funções originais, ou ainda, adaptá-las a uma nova utilização e a novas necessidades. A remodelação ou atualização de um edifício ou de sistemas, através de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética, é definida como *retrofit* segundo a NBR 15575 (ABNT, 2021), e vem sendo uma tendência nas grandes cidades, principalmente no que tange aos prédios históricos, que atraem o interesse de novos usuários, no resgate de sua funcionalidade, prolongamento da vida útil e garantia do desempenho e conforto esperados. Para Rocha e Qualharini (2001), a ideia em foco diz respeito ao processo de modernização e atualização de edificações, visando a torná-las contemporâneas, valorizando os edifícios antigos, prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais atualizados.

Muitas definições são utilizadas de forma equivocada para se referir ao *retrofit* de uma edificação. Vale (2006) definiu alguns dos conceitos mais relacionados ao termo:

- conservação: corresponde a um conjunto de ações destinadas ao prolongamento do desempenho da edificação, auxiliando, assim, o processo de controle da construção;
- manutenção: conjunto de ações com o objetivo de reduzir a velocidade de deterioração dos materiais e de partes das edificações;
- reforma: intervenção que consiste na restituição do imóvel à sua condição original;
- reparo: intervenção pontual em manifestação patológica localizada;
- reconstrução: renovação total ou parcial das edificações desativadas ou destinadas à reabilitação;
- recuperação: correção das manifestações patológicas, reconduzindo a edificação a seu estado de equilíbrio;
- reabilitação: ações com o objetivo de recuperar e beneficiar edificações, por meio de mecanismos de atualização tecnológica;

- restauração: Corresponde a um conjunto de ações desenvolvidas de modo a recuperar a imagem, a concepção original ou o momento áureo da história da edificação em questão.

Segundo Barrientos (2004), quando falamos em *retrofit*, estamos tratando de uma reforma generalizada do partido arquitetônico. Ou seja, pisos, iluminação, elevadores, fachadas, ar condicionado central, sistemas hidráulicos, segurança, automação predial, pavimentação, entre muitos outros tópicos, transformam-se em alvo deste processo.

Diversos podem ser os motivos da opção pelo *retrofit* de uma edificação, não se limitando somente à sua execução em edificações históricas, antigas e degradadas. Croitor (2009) afirma que a intervenção também se aplica quando há interesse do empreendedor pela substituição de sistemas prediais ineficientes e/ ou inadequados, pela mudança de uso do imóvel ou, também, quando as edificações se encontram inacabadas e abandonadas. Ou seja, há um amplo campo de aplicação de empreendimentos dessa natureza, que se traduz em oportunidades de negócios para as empresas e profissionais do setor da construção civil.

Para Moraes e Quelhas (2012), vários fatores justificam o uso do processo do *retrofit*, destacando-se:

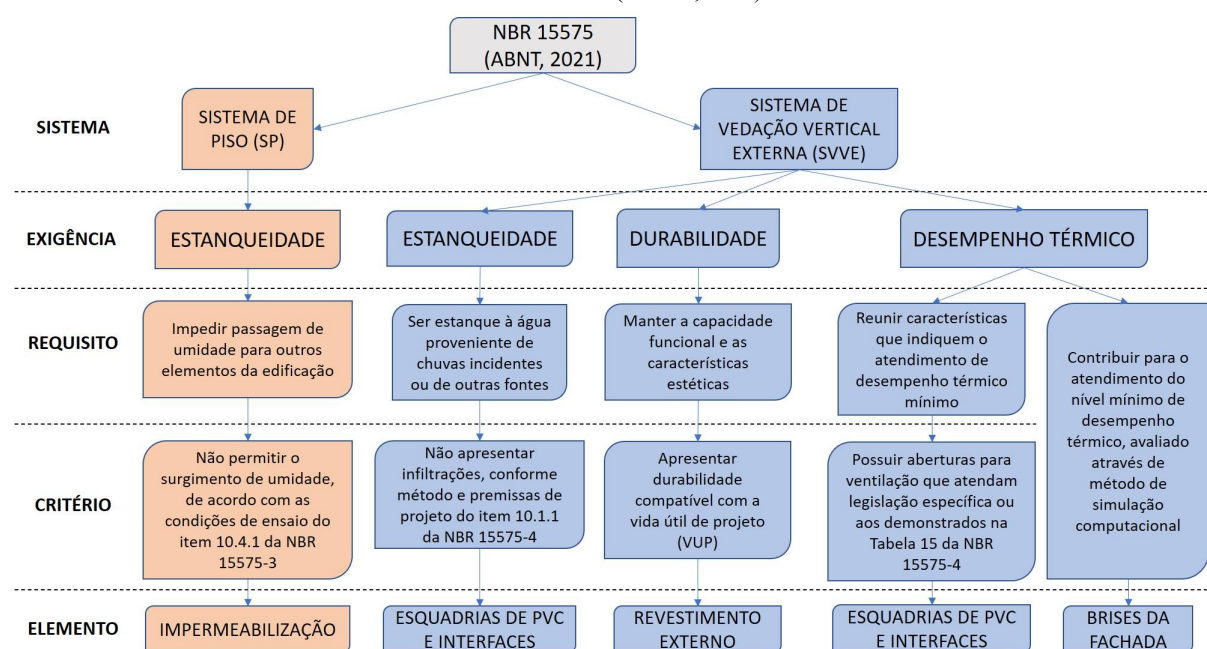
- o aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização;
- o impacto na paisagem urbana;
- a preservação do patrimônio histórico e cultural;
- o déficit habitacional e a sustentabilidade ambiental;
- maior economia e eficiência do que a demolição seguida de uma reconstrução.

As soluções construtivas adotadas, desde a fase de projeto de uma edificação até a sua execução, possuem, muito além do aspecto arquitetônico, características e peculiaridades técnicas de extrema importância para que cumpram sua função e atinjam os resultados de desempenho esperados. Para Melo *et al.* (2019), o *retrofit* requer identificação dos requisitos do cliente, bem como alinhamento aos requisitos de projeto que têm suas premissas baseadas em sistemas normativos e boas práticas construtivas. Requisitos de projeto desatendidos, desempenho diferente do projetado, diferentes parâmetros e considerações sobre os requisitos são fatores críticos que interferem no sucesso do *retrofit* (LOW; GAO; LIN TAY, 2014).

Considerando a relevância desses aspectos, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma avaliação técnica sob a ótica da NBR 15575 (ABNT, 2021) - ainda que esta

não se aplique a *retrofit* de edifícios - buscando identificar o atendimento a critérios e requisitos de desempenho do sistema de vedação vertical externa (SVVE), relacionados à sua estanqueidade, desempenho térmico e durabilidade do revestimento, e do sistema de piso (SP), referindo-se à sua estanqueidade, no *retrofit* de uma edificação existente, localizada no centro histórico de Porto Alegre. No fluxograma da figura 1 são apresentados, para o sistema de piso e o de vedação vertical externa, cada um dos elementos abordados no trabalho, com suas respectivas exigências, requisitos do usuário e critérios de desempenho, com o objetivo de determinar e expressar de maneira objetiva os atributos que a edificação e seus sistemas devem possuir.

Figura 1 - Fluxograma representativo dos sistemas, critérios e requisitos abordados para cada elemento, segundo a NBR 15575 (ABNT,2021)



(Fonte: elaborado pelo autor)

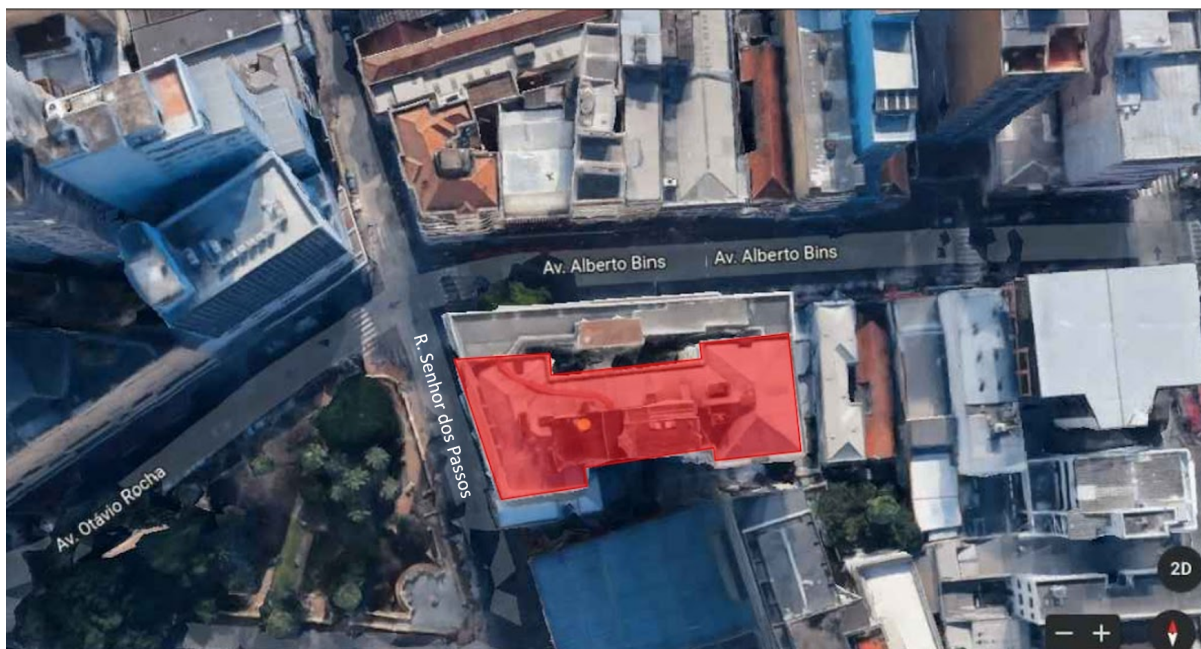
1.1 Sobre o empreendimento

No Centro Histórico da cidade de Porto Alegre, na rua Senhor dos Passos, em um edifício com construção datada do ano de 1958, está localizado o empreendimento utilizado neste estudo, cujas coordenadas geográficas são $-30,03^\circ$ S e $-51,22^\circ$ O. Foi realizado um *retrofit* da edificação, substituindo os sistemas da década de 50 por novas instalações, remodelando a fachada, cobertura, estrutura e demais sistemas internos prediais, de forma a

atualizá-los, com a inserção de novas tecnologias, propiciando uma identidade contemporânea à edificação, não só esteticamente, como também na sua utilização e no desempenho de seus sistemas, buscando atender às exigências dos usuários.

O que no passado era destinado às funções de hotelaria, foi transformado em um empreendimento com apartamentos compactos, também chamados de *studios*, com a modalidade de moradia por assinatura, voltada principalmente a investidores que buscam um apartamento pronto para locação, e também para um público contemporâneo que busca algo distinto das formas comuns de moradia. Na figura 2, pode-se observar o empreendimento em vista aérea, hachurado em vermelho.

Figura 2 - Vista aérea do empreendimento alvo do *retrofit*.



(Fonte: do autor, adaptado do Google Earth)

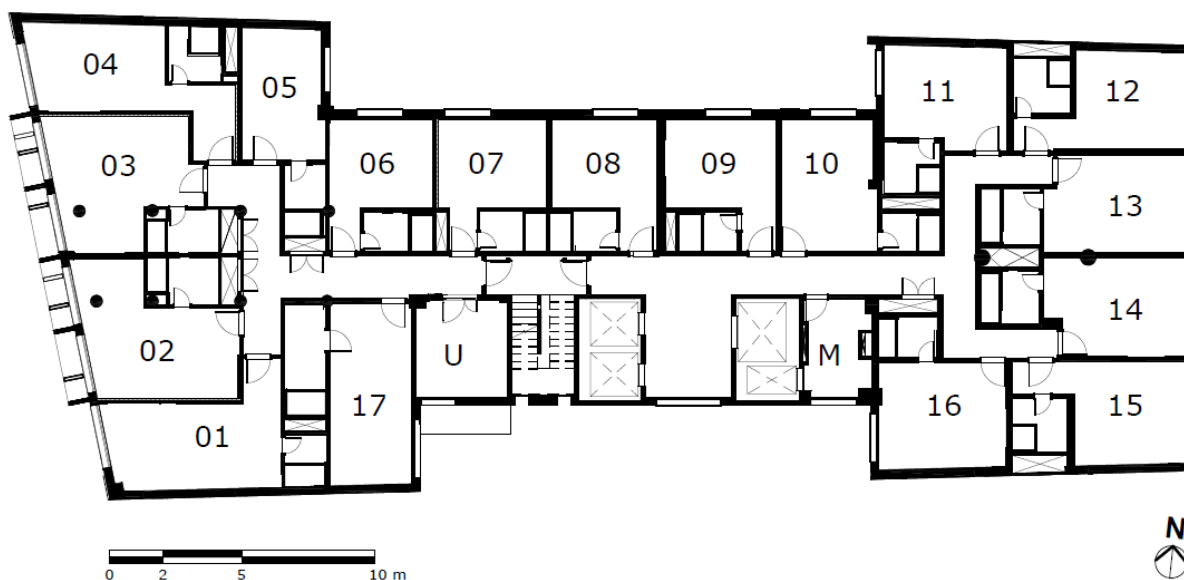
A edificação é constituída pelo pavimento térreo, sobreloja, 12 pavimentos (destes, 10 são tipo) e a cobertura. Todos os pavimentos têm alterações projetuais executadas:

- os pavimentos térreo, sobreloja e 1º andar englobam lojas e estabelecimentos comerciais, bem como espaços de área comum predial;
- do 2º ao 11º andar encontram-se os pavimentos tipo da edificação;
- o 12º andar possui unidades habitacionais, mas também conta com área comum caracterizada como um espaço gourmet, além de acesso ao *rooftop*, por escada ou plataforma elevatória para portadores de necessidades especiais;

- já no último pavimento, o que anteriormente era apenas uma laje de cobertura, sem circulação de pessoas, foi transformado em um espaço de uso comum, composto por *rooftop* com piscina.

Em função da grande quantidade de sistemas, elementos e componentes a serem avaliados em uma edificação deste porte, optou-se por analisar, neste trabalho, os andares de pavimento tipo da edificação. Este pavimento tipo é constituído por 17 apartamentos, sala de utilidades (U), sala de medidores (M) e área de circulação (Figura 3). Todas as verificações de sistemas internos se deram no interior dos apartamentos tipo, excluindo as análises dos corredores ou demais ambientes.

Figura 3 - Planta baixa do pavimento tipo, com apartamentos tipo numerados, sala de utilidades (U) e sala de medidores (M)



(Fonte: elaborado pelo autor)

Os apartamentos tipo tem área variando de 20 a 30 m² e possuem ambientes integrados - cozinha e quarto no mesmo ambiente, sem divisórias, o que é uma característica dos *studios* - sendo apenas o banheiro separado por paredes e porta, integrantes do sistema de vedação vertical interna (SVVI). As figuras 4 e 5 representam, respectivamente, a planta baixa do apartamento tipo final 03 e a foto do mesmo apartamento decorado.

Figura 4 - Planta baixa do apartamento tipo final 03, com cotas em cm.

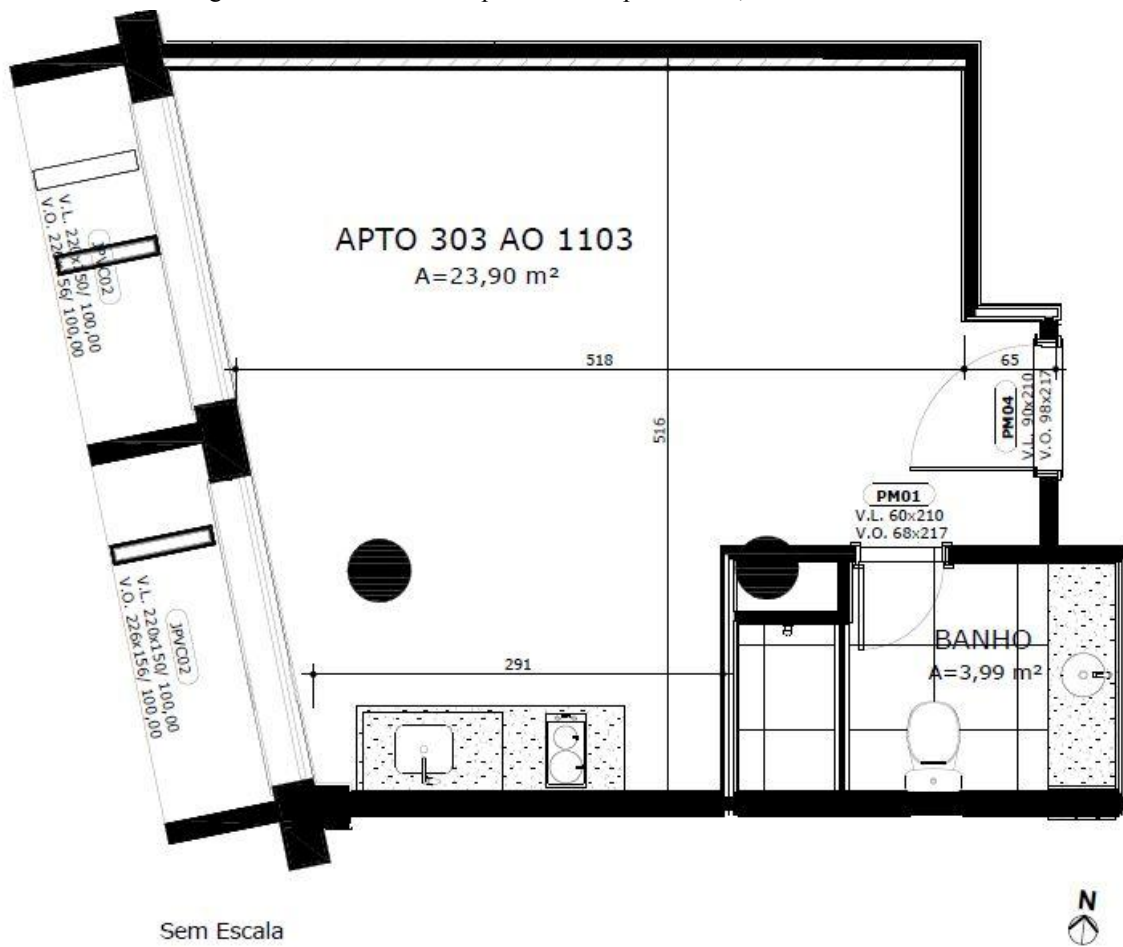


Figura 5 - Foto do apartamento final 03 decorado, com mobiliários e acabamentos finais.



Pode-se listar como exemplo de alterações internas dos apartamentos a troca do piso, anteriormente ao retrofit era caracterizado pelo parquet e, após o retrofit, passou a ser vinílico; a execução de uma sobreparede acústica em drywall, inserida junto à alvenaria existente na divisa entre apartamentos; a atualização das instalações elétricas e hidráulicas; além do revestimento de forro de gesso acartonado no apartamento e nos banheiros e da instalação de esquadrias (de madeira, no caso das portas, e de PVC, nas janelas). No quadro 1 estão representadas algumas das alterações de materiais que foram efetuadas no *retrofit*.

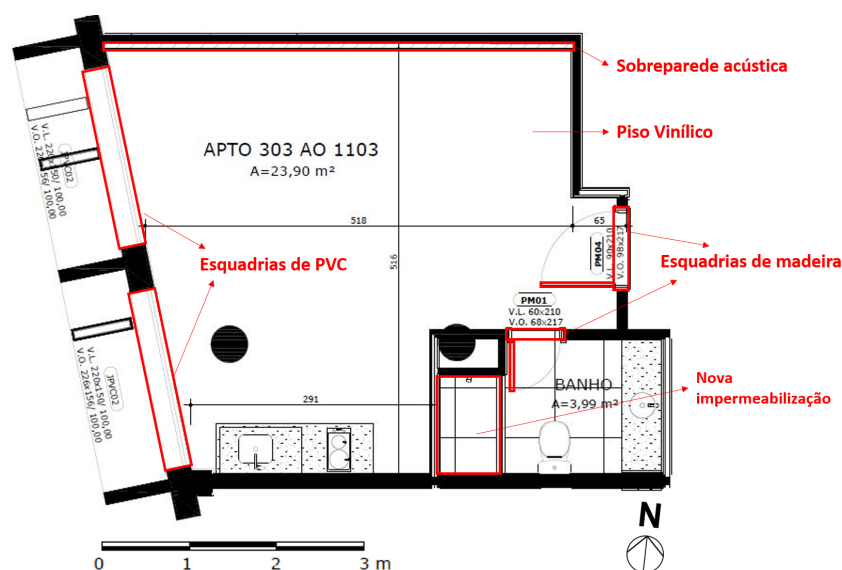
Quadro 1 - Alterações nos apartamentos e configuração anterior ao *retrofit*

ALTERAÇÕES	ANTERIOR	APÓS RETROFIT
Novo Piso	Parquet	Vinílico
Paredes Acústicas	Apenas alvenaria	Drywall com isolamento acústico + alvenaria
Forro	Gesso convencional	Gesso acartonado
Janelas	Alumínio	PVC

(Fonte: elaborado pelo autor)

Nos banheiros, também foram atualizadas as instalações elétricas, hidráulicas, de exaustão e impermeabilização, com execução de novos revestimentos, mureta de box, além de alteração nas louças e metais. Na figura 6, pode-se observar uma planta exemplo do apartamento tipo 03 representando as modificações realizadas no *retrofit*.

Figura 6 - Principais alterações realizadas nos apartamentos, representadas no apartamento final 03



(Fonte: elaborado pelo autor)

No exterior do prédio, foram previstos no *retrofit* a alteração na fachada, com troca de revestimentos e esquadrias, além da inserção de brises na fachada oeste, compostos por estrutura metálica e chapa cimentícia, dispostos conforme projeto arquitetônico da fachada Oeste, conforme será demonstrado na seção 3.2.3.

Estes serão, portanto, os espaços que servirão como ponto de partida para a análise do desempenho dos sistemas, tanto de vedação vertical quanto de piso, onde serão apresentados com maior grau de detalhamento os serviços realizados, os procedimentos executivos e os materiais empregados no *retrofit* da edificação.

1.2. Objetivo

O trabalho tem como objetivo realizar uma verificação qualitativa e quantitativa dos sistemas de piso e de vedação vertical externa de uma edificação em Porto Alegre, envolvendo exigências de estanqueidade, desempenho térmico e durabilidade, tendo como referência principal os requisitos e critérios de desempenho apresentados na NBR 15575 (ABNT, 2021).

1.3. Delimitações

As avaliações realizadas delimitam-se somente aos sistemas de piso e vedação vertical externa dos pavimentos tipo da edificação apresentada, representados, no caso do sistema de piso, pela impermeabilização das áreas molhadas, e, no sistema de vedação vertical externa, pelas esquadrias de PVC, pelo revestimento externo e pelos brises da fachada Oeste.

A NBR 15575 (ABNT, 2021) define “área molhada” como uma região da edificação cuja condição de uso e de exposição pode resultar na formação de lâmina d’água pelo uso normal a que o ambiente se destina. A partir deste conceito, nota-se que as áreas molhadas do pavimento tipo correspondem aos banheiros dos apartamentos.

As verificações de desempenho foram norteadas pela NBR 15575 (ABNT, 2021), discutindo os itens de estanqueidade (piso e SVVE), desempenho térmico e durabilidade (apenas SVVE). Os requisitos e critérios verificados foram apenas os descritos no item 2, para cada elemento da edificação abordado.

1.4. Limitações

Não são objetos de estudo do trabalho os demais sistemas da edificação, como estrutural, cobertura, hidrossanitário. Da mesma forma, os requisitos e critérios da NBR 15575 (ABNT, 2021) não citados no trabalho não são alvo deste estudo.

2. MÉTODO

Para os sistemas da edificação avaliados neste trabalho foi utilizada como referência principal a NBR 15575 (ABNT, 2021), que expressa objetivamente as exigências dos usuários da edificação a partir de requisitos, definidos como condições qualitativas dos elementos e sistemas, e de critérios, que expressam os requisitos de desempenho quantitativamente. De acordo com cada elemento, sistema e exigências, a NBR 15575 (ABNT, 2021) elenca os níveis de aceitação - mínimo, intermediário e superior - ou os métodos que se deve utilizar para expressar, em quantidades mensuráveis, a aceitação do sistema quanto ao desempenho em questão.

Este trabalho trata de um empreendimento que não teve, até a data de conclusão do documento, seu *retrofit* concluído e, portanto, alguns dos sistemas analisados não tiveram o acompanhamento de sua execução - como as instalações das esquadrias de PVC e o revestimento da fachada. Por este motivo, cada objeto de análise foi verificado com métodos e informações disponíveis, sob a ótica da NBR 15575 (ABNT, 2021).

Na impermeabilização, constituinte do sistema de piso, houve a integralidade do acompanhamento executivo, do início ao fim da atividade, tendo como método para avaliação de desempenho quanto à estanqueidade os ensaios realizados para verificação da ausência de infiltrações, conforme critério de estanqueidade de sistemas de pisos em áreas molhadas da NBR 15575-3 (ABNT, 2021).

No caso das esquadrias de PVC, ou seja, as janelas presentes no pavimento tipo da edificação, não houve supervisão da substituição das esquadrias. Fez-se a verificação nas janelas que possivelmente seriam utilizadas na edificação, com base nas informações fornecidas pelos fabricantes, para o desempenho quanto à estanqueidade - partindo da análise dos projetos disponíveis e premissas de projeto elencadas na NBR 15575-4 (ABNT, 2021) - e para o desempenho térmico, quanto ao critério de percentual de abertura para ventilação nos

Ambientes de Permanência Prolongada (APP). Neste último, se fez uso da metodologia de cálculo apresentada na NBR 15575-4 (ABNT, 2021), que leva em consideração as áreas de abertura das esquadrias e a área de piso do APP.

O revestimento externo da edificação também não sofreu alterações até a data da elaboração do trabalho, porém foram realizados ensaios de arrancamento, por empresa especializada, para verificação da resistência de aderência à tração. Os mesmos foram utilizados para a avaliação da aceitação do sistema quanto aos requisitos e critérios de vida útil de projeto.

Em relação aos brises presentes na fachada, efetuou-se o acompanhamento de um protótipo e análise a partir de simulação computacional através do *software* SOL-AR, que permite realizar análises de sombreamento dos ambientes internos da edificação a partir de cartas solares geradas pelo programa. Tal metodologia é citada na NBR 15575-1 (ABNT, 2021) para avaliação do desempenho térmico da edificação.

Os objetos de estudo do trabalho e a metodologia de avaliação utilizados estão representados no quadro 2.

Quadro 2 - Objetos de estudo e métodos empregados para avaliação de desempenho de cada elemento.

SISTEMA	ELEMENTO	LOCAL*	EXIGÊNCIA	REQUISITO	CRITÉRIO	MÉTODO	ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO
Sistema de Piso (SP)	Impermeabilização	Banheiros	Estanqueidade	item 10.4 da NBR 15575-3	item 10.4.1 da NBR 15575-3	Ensaio de estanqueidade do sistema	Sim
Sistema de Vedação Vertical Externa (SVVE)	Esquadrias de PVC	Apartamentos	Estanqueidade	item 10.1 da NBR 15575-4	item 10.1.1 da NBR 15575-4	Análise do projeto	Não
			Desempenho Térmico	item 11.2 da NBR 15575-4	item 11.2.5 da NBR 15575-4	Cálculo indicado no item 11.2.6 da NBR 15575-4	Não
	Revestimento Externo	Fachada	Durabilidade	item 14.2 da NBR 15575-4	item 14.2.1 da NBR 15575-4	Ensaio de arrancamento realizados <i>in loco</i>	Não
	Brises	Fachada	Desempenho Térmico	-	-	Simulação pelo software SOL-AR	Sim (Protótipo)

*Todos os locais indicados se referem aos pavimentos tipo da edificação

(Fonte: elaborado pelo autor)

3. VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO

A NBR 15575 (ABNT, 2021) versa sobre os principais sistemas de uma edificação, sendo dividida em seis partes específicas para cada sistema, elencando os diversos requisitos que devem ser cumpridos para cada um:

- NBR 15575-1 (ABNT, 2021): requisitos gerais;
- NBR 15575-2 (ABNT, 2013): requisitos para os sistemas estruturais;
- NBR 15575-3 (ABNT, 2021): requisitos para os sistemas de piso;
- NBR 15575-4 (ABNT, 2021): requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- NBR 15575-5 (ABNT, 2021): requisitos para sistemas de coberturas;
- NBR 15575-6 (ABNT, 2021): requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Dos citados, apenas o sistema de piso e o sistema de vedação vertical externa são abordados nesta análise.

3.1. Sistema de piso

Para o sistemas de piso, a NBR 15575-3 (ABNT, 2021) discorre sobre os seguintes aspectos:

- desempenho estrutural;
- segurança ao fogo;
- segurança no uso e operação;
- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- durabilidade e manutenibilidade;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil, visual e antropodinâmico;
- adequação ambiental.

Destes, apenas o desempenho quanto à estanqueidade é objeto do estudo para o sistema de piso da edificação, verificando-se, para o sistema de impermeabilização executado, o requisito de “garantir a estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molhadas” e o critério de verificar, em termos quantitativos, o atendimento ao requisito de desempenho

apontado, visando ao impedimento da passagem de umidade para outros elementos da edificação.

3.1.1. Desempenho quanto à estanqueidade do sistema de piso

Foi realizada a análise das impermeabilizações em áreas molhadas, averiguando o atendimento aos requisitos e critérios de desempenho descritos na NBR 15575-3 (ABNT, 2021) como estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molhadas. Nesta verificação se fez a utilização também das normas NBR 9575 (ABNT, 2010) e NBR 9574 (ABNT, 2008), que tratam, respectivamente, da seleção da impermeabilização e da execução da mesma.

3.1.1.1. Especificações de projeto

A partir do mapeamento das áreas impermeabilizadas no pavimento tipo da edificação, percebe-se que foi especificado o uso de impermeabilizante nas áreas molhadas, mais especificamente na área de piso correspondente ao box de cada apartamento, conforme pode-se observar na figura 7, e até uma altura de 50 cm nas paredes que o delimitam, de acordo com o apresentado na figura 8. De acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008), que trata da execução de impermeabilização, a altura mínima em que a impermeabilização deve ser aplicada no plano vertical é de 20 cm acima do nível do piso acabado ou de 10 cm do nível máximo que a água pode atingir. A altura da impermeabilização nas paredes adjacentes ao box, portanto, foi adequada.

Figura 7 - Mapeamento das áreas impermeabilizadas no pavimento tipo da edificação



(Fonte: elaborado pelo autor)

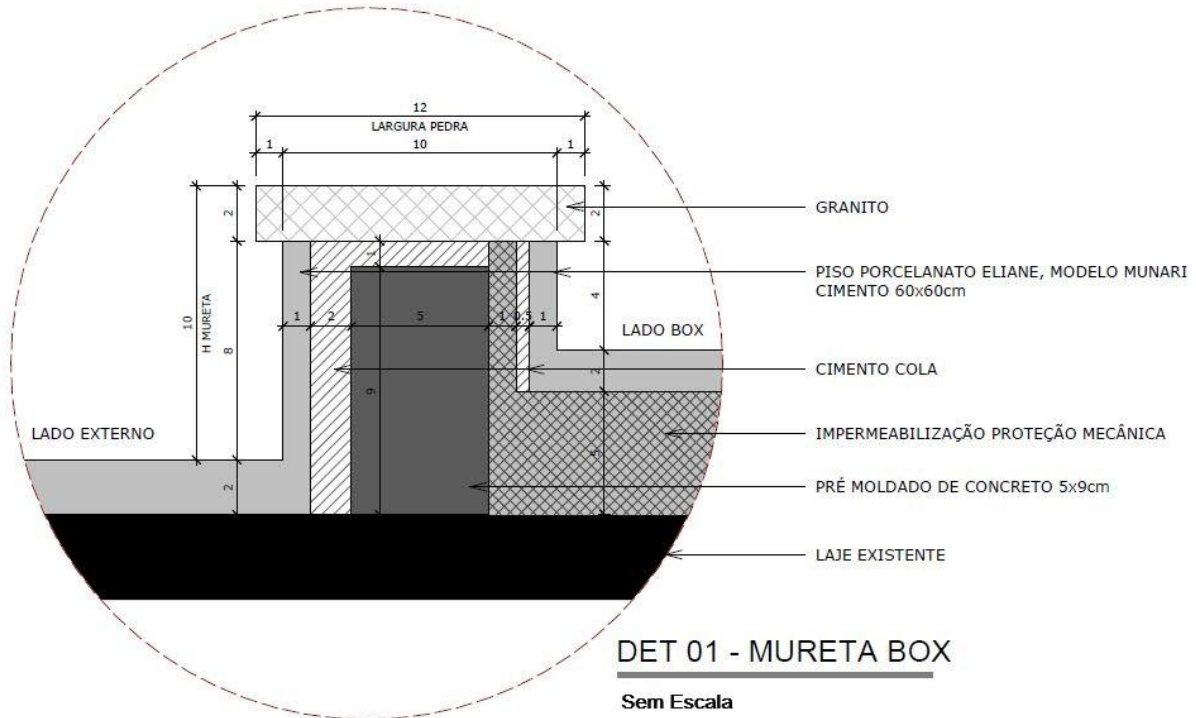
Figura 8 - Impermeabilização da área de box até a altura de 50cm.



(Fonte: do autor)

A figura 9 mostra um detalhe do projeto executivo do empreendimento para a região da mureta que delimita o espaço destinado ao uso do chuveiro. Pela representação, pode-se averiguar algumas inconsistências, como a ausência de uma camada de cimento cola para o assentamento do granito, que poderia apresentar inclinação sobre a mureta, por exemplo. Não são indicadas a camada de contrapiso no lado interno do box, as espessuras de cada elemento da impermeabilização, a quantidade de camadas, o tipo de estruturante utilizado e a forma de execução. Também observa-se que a camada de impermeabilização com proteção mecânica se estende somente até a face da mureta do lado interno do box, não a envolvendo completamente.

Figura 9 - Detalhe arquitetônico da mureta do box.

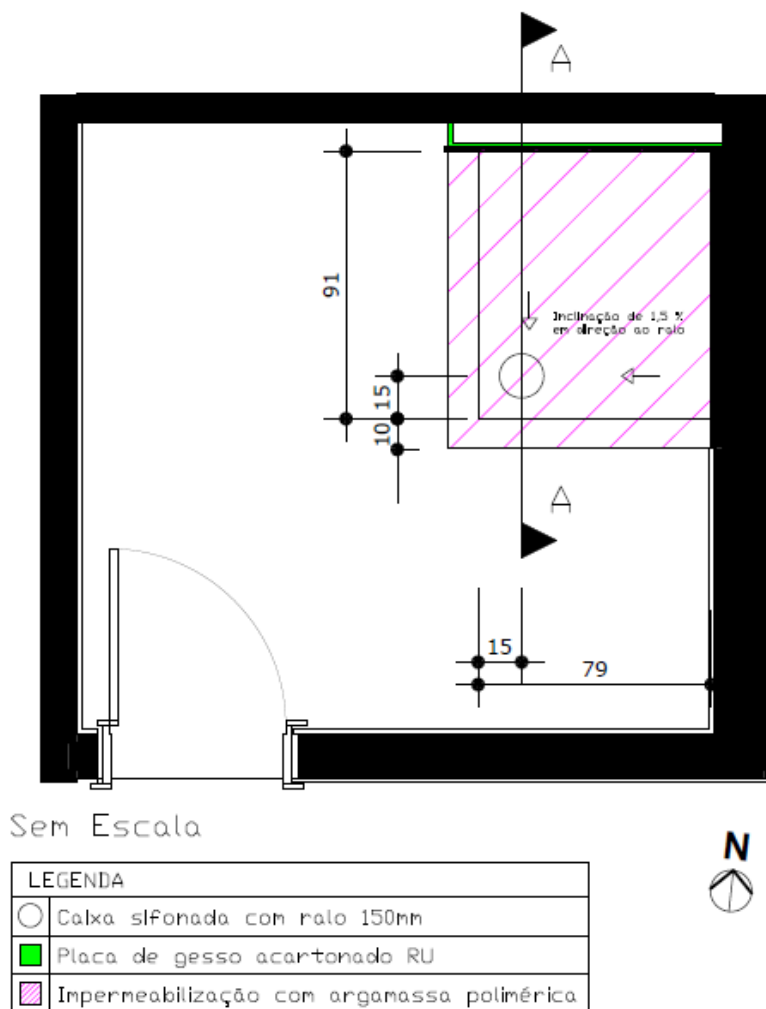


(Fonte: Empresa de arquitetura responsável pelo projeto)

Além dos detalhes representativos do projeto arquitetônico, não houve um projeto específico de impermeabilização para a realização do *retrofit*, que, conforme NBR 9575 (ABNT, 2010), deve ser realizado para obras de construção civil de uso público, coletivo e privado, por profissional legalmente habilitado. Em um projeto de impermeabilização, seria apresentado o detalhamento da execução deste serviço no ralo, por exemplo.

Na figura 10, está representada a área impermeabilizada no apartamento tipo 12, em planta baixa.

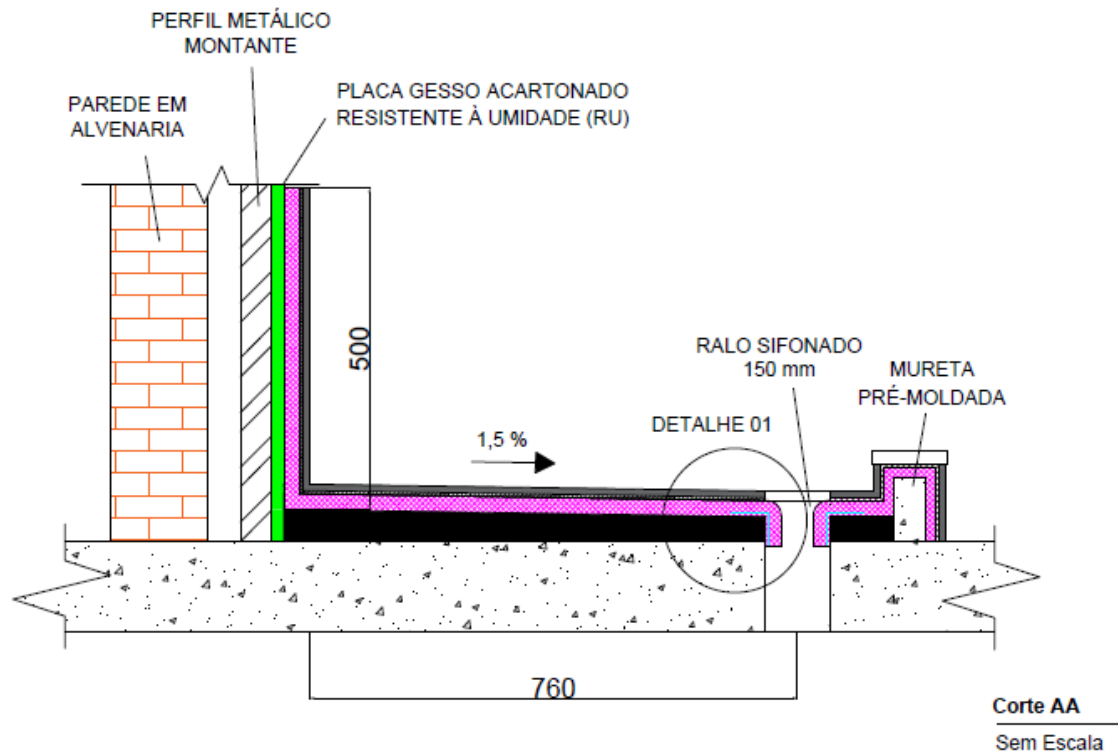
Figura 10 - Representação da área molhada do apartamento tipo final 12, com cotas em cm.






(Fonte: elaborado pelo autor)

O sistema de piso nas áreas molhadas foi composto pelas seguintes camadas: 5 cm de contrapiso de regularização - nele, é dada a inclinação necessária de 1,5 % em direção ao ralo, 2,5 cm de impermeabilização com proteção mecânica, 0,5 cm de argamassa colante AC-III e 1,0 cm de porcelanato. Na figura 11, foi elaborado um esquema representativo do corte AA apresentado em planta baixa na figura 10, para visualização das camadas presentes na impermeabilização executada.

Figura 11 - Corte AA representativo do sistema de impermeabilização em box de banheiro, com cotas em mm

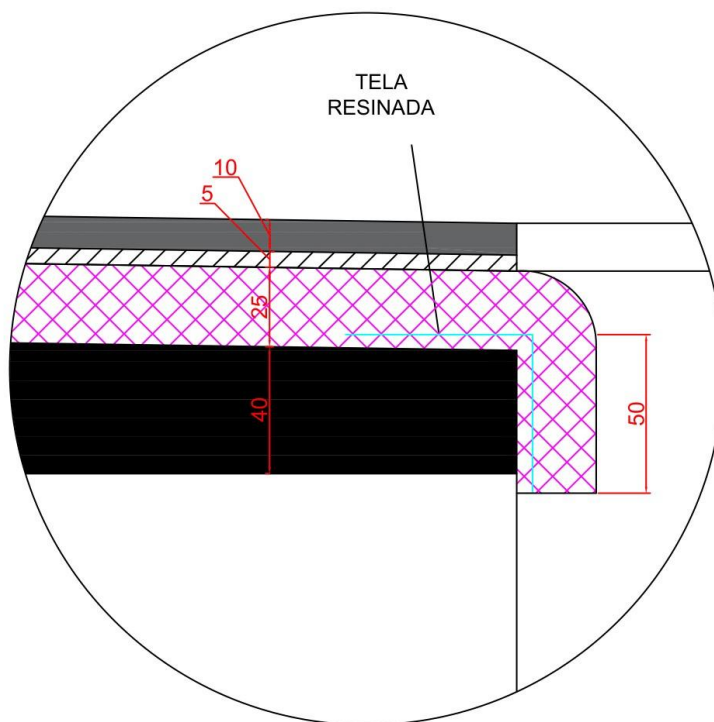


LEGENDA:			
	REVESTIMENTO CERÂMICO		ARGAMASSA POLIMÉRICA FLEXÍVEL + PROTEÇÃO MECÂNICA
	ARGAMASSA COLANTE AC-III		CONTRAPISO DE REGULARIZAÇÃO

(Fonte: elaborado pelo autor)

A figura 12 apresenta o “detalhe 01” indicado na figura 11, que representa as espessuras e a disposição de cada camada do sistema, bem como a mudança de direção da impermeabilização no encontro com o ralo, utilizando-se tela resinada.

Figura 12 - Detalhe representativo das camadas do sistema de impermeabilização no encontro com o ralo, com cotas em mm



DETALHE 01

Sem Escala

LEGENDA:			
	REVESTIMENTO CERÂMICO		ARGAMASSA POLIMÉRICA FLEXÍVEL + PROTEÇÃO MECÂNICA
	ARGAMASSA COLANTE AC-III		CONTRAPISO DE REGULARIZAÇÃO

(Fonte: elaborado pelo autor)

3.1.1.2. Características do material utilizado para sistema de impermeabilização de piso

A escolha do impermeabilizante passa por certas verificações, como a eficiência do sistema para o local indicado, a facilidade de execução no ambiente destinado, o custo do material e a espessura final da camada de impermeabilização. Justamente por cumprir com estas características, o impermeabilizante adotado na execução do empreendimento foi a argamassa polimérica flexível com fibra, um sistema impermeável constituído por uma resina

termoplástica e um material cimentício, que apresenta propriedades flexíveis, possibilitando a movimentação da estrutura impermeabilizada. Os cuidados necessários durante a sua execução estão descritos na NBR 9574 (ABNT, 2008).

A respeito do material utilizado na impermeabilização - a argamassa polimérica flexível - o fabricante direciona como recomendações de uso diversos cuidados e métodos que são informados na NBR 9574 (ABNT, 2008). O fabricante indica o produto para utilização não só em banheiros, mas também em demais áreas sujeitas à umidade constante, baldrame, radier, rodapés de alvenaria, poços de elevador e reservatórios enterrados.

Conforme ficha técnica do fabricante, com dados técnicos apresentados na Tabela 1, o produto é bicomponente, sendo composto por um componente A (em pó, constituído por um cimento especial com aditivos) e um componente B (material líquido esbranquiçado). Quando misturados formam uma argamassa polimérica flexível e resistente a pressões hidrostáticas positivas e negativas.

Tabela 1 - Dados técnicos informados pelo fabricante do impermeabilizante

Ensaio	Especificação
Temp. máx. aplicação	20 a 40° C
Aderência (concreto/alvenaria)	0,3% Min. NBR12171
Penetração de água	NBR 10787
Pressão Positiva	0,4 MPa
Determinação de Teor de Cloretos	1,0% Max. ASTM C114
Tempo de uso da mistura	40 minutos
Intervalo entre demãos	4 a 10 horas
Cura Total	De 5 a 7 dias
Liberação teste estanqueidade confinado	120 horas (5 dias)

(Fonte: Fabricante do impermeabilizante)

Para o preparo do produto deve-se realizar a mistura mecânica por 5 minutos ou, ainda, manualmente por 10 minutos, utilizando uma haste limpa e livre de impurezas, até formar uma pasta homogênea sem grumos.

Quanto ao tempo limite para utilização após a mistura do produto, a NBR 9574 (ABNT, 2008) estabelece que está a critério do fabricante, o qual indica um período máximo de 40 minutos e, caso ultrapassado, o produto preparado deve ser descartado. Além disso, uma prática recomendada pelo fabricante é a mistura da argamassa polimérica preparada

durante a aplicação a cada 15 minutos, a fim de não formar sedimentos e manter a pasta homogênea.

Já na aplicação, é recomendado pelo fabricante demãos cruzadas e sem excessos, respeitando um intervalo de 4 a 10 horas entre as demãos - a norma cita de 2 a 6 horas - além de admitir um consumo total recomendado de 3 a 4 kg/m².

No quadro 3 é apresentado um comparativo entre o que é descrito na norma de execução de impermeabilização com argamassa polimérica e o que é recomendado pelo fabricante do material.

Quadro 3 - Comparação entre as recomendações dispostas na NBR 9574 (ABNT, 2008) e as citadas pelo fabricante do impermeabilizante.

IMPERMEABILIZANTE TIPO ARGAMASSA POLIMÉRICA		
Recomendação	NBR 9574 (ABNT, 2008)	Fabricante
Mistura	Manual ou mecânica, dissolvendo possíveis grumos	Manual ou mecânica, até formar pasta homogênea sem grumos
Tempo limite para utilização após mistura	Conforme fabricante	40 min
Aplicação	Demãos em sentidos cruzados	Demãos cruzadas, em camadas uniformes e sem excessos
Intervalo entre demãos	2 a 6 horas	4 a 10 horas
Consumo total	Conforme fabricante	3 a 4 kg/m ²

(Fonte: elaborado pelo autor)

3.1.1.3. Procedimento executivo da impermeabilização

Na NBR 9574 (ABNT, 2008) é detalhada a correta execução para o tipo de impermeabilização com argamassa polimérica. A primeira etapa se refere à preparação do substrato, que deve se apresentar firme, coeso e homogêneo. “O mesmo deve ser limpo, isento de corpos estranhos e deve estar úmido para a aplicação do impermeabilizante” (ABNT, 2008).

Anteriormente à etapa de impermeabilização das áreas de box dos apartamentos, as atividades imediatamente precedentes foram o assentamento das muretas de concreto pré-moldado, que delimitam a área destinada ao box, e a execução de um contrapiso de altura 5 cm, apenas na área delimitada, elevando o nível do local de banho e formando a inclinação

necessária de 1,5 % a 2,5 % em direção ao ralo, segundo NBR 13753 (ABNT, 1996) – no caso estudado, utilizou-se uma inclinação de 1,5 % em direção ao ralo de diâmetro 150 mm. Estas compreendem etapas de grande importância para a eficácia do sistema de impermeabilização, visto que, tanto a mureta quanto o trecho de contrapiso do box não podem apresentar quaisquer falhas ou imperfeições que dificultem ou impossibilitem a aplicação do produto com regularidade e sem excessos de consumo. Na figura 13, está representada a área a ser impermeabilizada, com as etapas precedentes concluídas.

Figura 13 - Área de box pronta para receber a impermeabilização



(Fonte: do autor)

No empreendimento, houve a verificação da primeira etapa do processo por, no mínimo, um integrante da equipe de engenharia, a partir de um checklist desenvolvido em obra constando todos os pré-requisitos para início da atividade de impermeabilização. O checklist era mantido atualizado a fim de possibilitar a melhor visualização para as equipes sobre os ambientes e apartamentos liberados para início da impermeabilização. Na figura 14, observa-se uma situação verificada antes da realização da impermeabilização, impossibilitando o início de sua aplicação. Neste caso, foi necessário o preenchimento das

falhas na camada de regularização para que a posterior impermeabilização no entorno do ralo não apresentasse problemas.

Figura 14 - Regularização com falhas em volta do ralo antes de receber impermeabilização.



(Fonte: do autor)

No local, observou-se que após o umedecimento do contrapiso, foi feita a preparação do material impermeabilizante, fornecido em caixas. O fato de ser um material bicomponente acrescenta uma etapa à sua utilização que é a necessidade de homogeneização dos componentes em um recipiente antes da aplicação direta no substrato, realizada de forma mecânica por 5 minutos com auxílio de um misturador, formando uma pasta com coloração cinza. Em seguida, foi aplicada a primeira demão, com espessura de 5 mm. A segunda demão foi realizada ainda no mesmo dia – normalmente a primeira camada era realizada no turno da manhã, enquanto a segunda no turno da tarde. Na ocasião da demão anterior estar seca, era molhado novamente o local antes da nova aplicação, conforme procedimento da NBR 9574 (ABNT, 2008).

Segundo especificação do fabricante do impermeabilizante, após a primeira demão do produto, deve-se utilizar - em toda a superfície coberta por impermeabilização - tela resinada revestida de PVC com malha 2x2 mm com o objetivo de reforçar a membrana

impermeabilizante, aumentando a resistência à tração do sistema. Após, é necessário cobrir totalmente a tela aplicada com as próximas duas demãos do produto, até atingir o consumo recomendado, que é de 3 a 4 kg/m². De acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008), quando for utilizada tela, esta deve ser posicionada após a primeira demão e ser totalmente coberta pelas demãos subsequentes.

Para Butzke (2020), existem pontos específicos que devem receber cuidados especiais, que são mais críticos por apresentarem maiores concentrações de tensões e mais suscetíveis ao surgimento de falhas. Estas regiões são os ralos, cantos, encontros de piso com parede e juntas.

Durante a execução, observou-se a utilização da tela estruturante especificada na região dos ralos de 150 mm, recortando-a em tiras e adentrando com o material no interior do tubo, como exemplificado na figura 15. Segundo Butzke (2020), a tela deve ser recortada de modo que possa adentrar 5 cm no interior do ralo. Essa especificação é apresentada no detalhe representativo da figura 12. A seguir, foram aplicadas as demãos seguintes até se atingir o consumo de 3 kg/m² recomendado pelo fabricante, atentando-se para o total cobrimento da tela inserida no sistema de impermeabilização.

Figura 15 - Ilustração da tela aplicada no interior e entorno do ralo, pronta para receber nova demão de impermeabilizante.



(Fonte: REPROTERM, 2020)

Procedimento análogo ao executado na região do ralo deveria ser realizado, principalmente, na região dos rodapés, na interface entre o piso e a parede, justamente por também se apresentar como uma região crítica, onde o sistema de impermeabilização muda de direção. Os rodapés são pontos que requerem grande atenção, e caso não executado de forma adequada, pode-se tornar um ponto de fraqueza do sistema sujeito a manifestações patológicas como trincas e possibilitar infiltrações (SOARES, 2014).

Na execução vistoriada, entretanto, não se fez uso da tela nos rodapés entre as demãos da argamassa polimérica e não foi feito arredondamento dos cantos. O caso é semelhante com a mureta: também deveria haver arredondamento para a impermeabilização não sofrer as movimentações verticais e horizontais. Dessa forma, por não se proceder a execução conforme especificação do fabricante, não se garante a vida útil desejada para o sistema, tornando a área impermeabilizada passível de manifestações patológicas, podendo reduzir e antecipar a durabilidade do sistema e antecipando a necessidade de manutenções.

Realizada a aplicação do impermeabilizante e após a cura do produto, que pode ocorrer de 5 a 7 dias, foram realizados testes de estanqueidade do sistema através da aplicação de uma lâmina de água de 5cm de altura na região impermeabilizada, permanecendo por 72h. A NBR 9574 (ABNT, 2008) recomenda este procedimento de ensaio, utilizando água limpa com duração mínima de 72h para a verificação de falhas na execução da impermeabilização utilizada. Durante esse tempo, foram acompanhadas alterações, ou não, no nível de água, bem como a presença ou ausência de vazamentos no pavimento inferior, na laje e nos ralos. Caso o nível se mantivesse igual do início ao fim dos testes, o que era verificado pela medição da altura da lâmina d'água, e a superfície inferior do piso e encontros com paredes e pisos adjacentes estivessem secos, os sistemas de impermeabilização eram considerados aprovados. Do contrário, verificando-se vazamentos ou diminuição da lâmina d'água, o sistema era refeito e os testes realizados novamente, processo que poderia se repetir até que se admitisse a estanqueidade do sistema por meio do ensaio.

Após a realização da impermeabilização, é necessário executar a camada de proteção. É muito comum, por exemplo, embora deva ser evitado, que pessoas transitem pela área impermeabilizada, o que pode danificá-la, pois qualquer corte ou furo invalidará a garantia da estanqueidade do sistema. Na figura 16, pode-se observar um caso da impermeabilização danificada no entorno do ralo, muito provavelmente devido à necessidade de algum ajuste na tubulação. Neste caso, a impermeabilização foi refeita, com execução das camadas de impermeabilização e da camada de proteção mecânica, tanto para evitar fissuras e danos no sistema de impermeabilização, quanto para promover sua maior durabilidade. Neste caso, além de se refazer a impermeabilização, foram realizados novamente também os testes de estanqueidade, a fim de assegurar a conformidade do reparo.

Figura 16 - Impermeabilização danificada na região do ralo.



(Fonte: do autor)

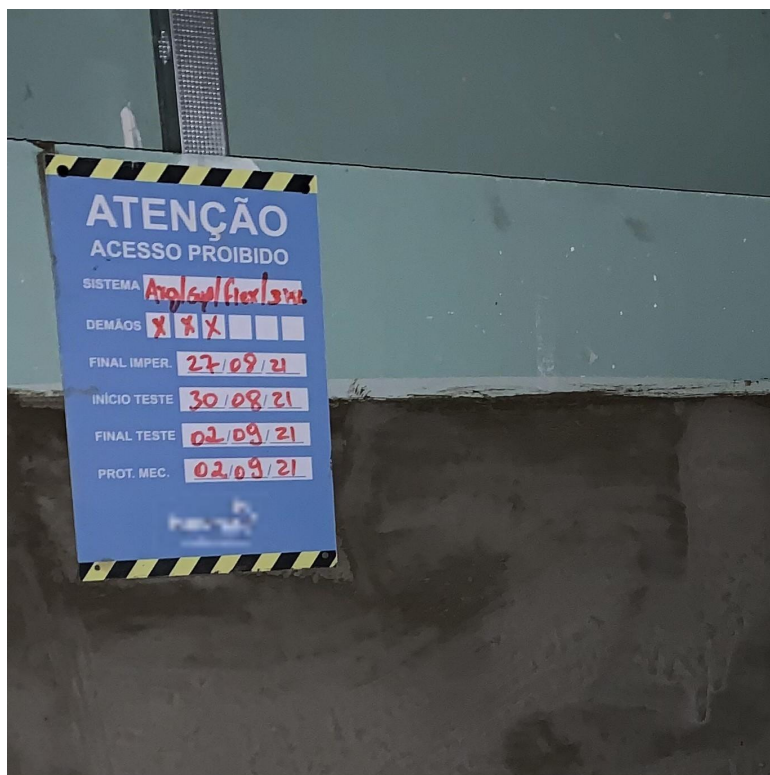
No empreendimento analisado, após a aplicação da argamassa polimérica e aprovação do sistema no ensaio de estanqueidade, foi executada uma camada de proteção mecânica composta de cimento e areia, com espessura de 1 cm e inclinação de 1,5 %, justamente a fim de garantir que esta camada permanecesse intacta durante o período em que permaneceu exposta, ou seja, antes do assentamento do revestimento cerâmico com argamassa ACIII.

A aplicação do impermeabilizante na área de banho dos banheiros ocorreu conforme as práticas recomendadas pelo fabricante, com consumo total de 3 kg/m². Foram realizadas, por unidade, três demãos de argamassa polimérica, em sentidos cruzados, sendo que entre as demãos não foi incomum observar intervalos maiores que as 10 horas recomendadas, ocorrendo, por exemplo, com 24 horas de diferença, principalmente da segunda para a terceira demão.

Em situação de obra é fundamental o controle dos prazos e acompanhamento da correta execução do serviço. A empresa responsável pela impermeabilização adotou uma ótima ferramenta de gestão visual do serviço executado, fazendo uso de placas em cada área impermeabilizada, constando o tipo do impermeabilizante empregado, o consumo e as datas

de realização das demãos, do início e fim do teste de estanqueidade e da proteção mecânica, como está apresentado na figura 17.

Figura 17 - Placa em área impermeabilizada informando sistema, consumo, número de demãos e datas das atividades



(Fonte: do autor)

Verificou-se, dessa forma, que a ausência de um projeto de impermeabilização tem grande impacto na execução e no desempenho final do sistema. Apenas o especificado no projeto arquitetônico - com informações inconsistentes e sem direcionamentos para possibilitar a correta execução - pode não ser suficiente para que o sistema possa ser executado de forma a cumprir sua função. Foi observada a ausência de cuidados descritos na NBR 9574 (ABNT, 2008), como a não aplicação de tela estruturante em pontos críticos como as juntas de encontro entre piso e parede e no entorno da mureta.

Os sistemas executados passaram pelo ensaio de estanqueidade descrito na NBR 15575-3 (ABNT, 2021), e, por serem aprovados, atendem o desempenho mínimo requerido. No caso de reprovação, os sistemas eram executados novamente e os testes refeitos, repetindo o processo até a solução completa.

Por outro lado, ainda que tenham sido aprovados e atingido desempenho mínimo, devido à não observância de cuidados executivos indicados por instruções normativas e recomendações do fabricante, não se pode assegurar que o sistema cumprirá sua função a médio e longo prazo, visto que podem surgir manifestações patológicas oriundas do procedimento executivo realizado.

3.2. Sistema de vedação vertical externa

Para o sistema de vedação vertical interna e externa , a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) discorre sobre os seguintes aspectos:

- desempenho estrutural;
- segurança contra incêndio;
- segurança no uso e na operação;
- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- durabilidade e manutenibilidade;
- saúde;
- conforto antropodinâmico;
- adequação ambiental.

A análise de desempenho foi realizada somente para o sistema de vedação vertical externa, considerando os itens de desempenho quanto à estanqueidade e desempenho térmico nas esquadrias de PVC, a durabilidade no revestimento externo e o desempenho térmico dos brises da fachada da edificação.

3.2.1. Esquadrias de PVC e interfaces

A verificação do desempenho do sistema de vedação vertical externa no pavimento tipo da edificação partiu do fato de que, durante o período estudado, não foi realizada instalação das novas esquadrias nem mesmo prototipagem do modelo a ser executado, visto que este serviço ainda se encontrava em fase de orçamento e aprovação com fornecedores. Dessa maneira, foi realizada, uma análise comparativa entre dois fornecedores equalizados, A e B, verificando as características e desempenho das esquadrias fabricadas por cada um.

3.2.1.1. Desempenho quanto à estanqueidade do SVVE

A avaliação do sistema de vedação vertical externa passa pela verificação das esquadrias de PVC e suas interfaces, localizadas nos pavimentos tipo da edificação. Nesta seção, foi verificado o requisito de infiltração de água nos sistemas de vedação vertical externa (fachadas) e o critério correspondente, de estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedação vertical externa (fachadas).

3.2.1.1.1. Especificações de projeto

As esquadrias externas são parte do processo de revitalização do empreendimento assim como outros elementos da edificação, sendo, portanto, substituídas por modelos atuais fabricados em PVC em todos os apartamentos tipo do empreendimento. Não foram consideradas nessa análise as esquadrias externas da área comum, que, no pavimento tipo, dizem respeito às janelas do hall dos elevadores de cada andar.

No projeto apresentado no anexo A, são representadas todas as janelas de PVC da edificação, indicando local de instalação, quantidade de folhas, tipo de abertura, cor, dimensões “luz” e “osso” e altura do peitoril de cada esquadria, que no projeto, possuem identificações de acordo com a regra “JPVC00”, sendo “J” indicando que a esquadria é uma janela, “PVC” indicando o material do qual é constituída e “00” variando conforme a sequência de numeração das esquadrias. No quadro 4, são demonstrados os tipos de esquadrias presentes no pavimento tipo com suas localizações e dimensões de vão luz.

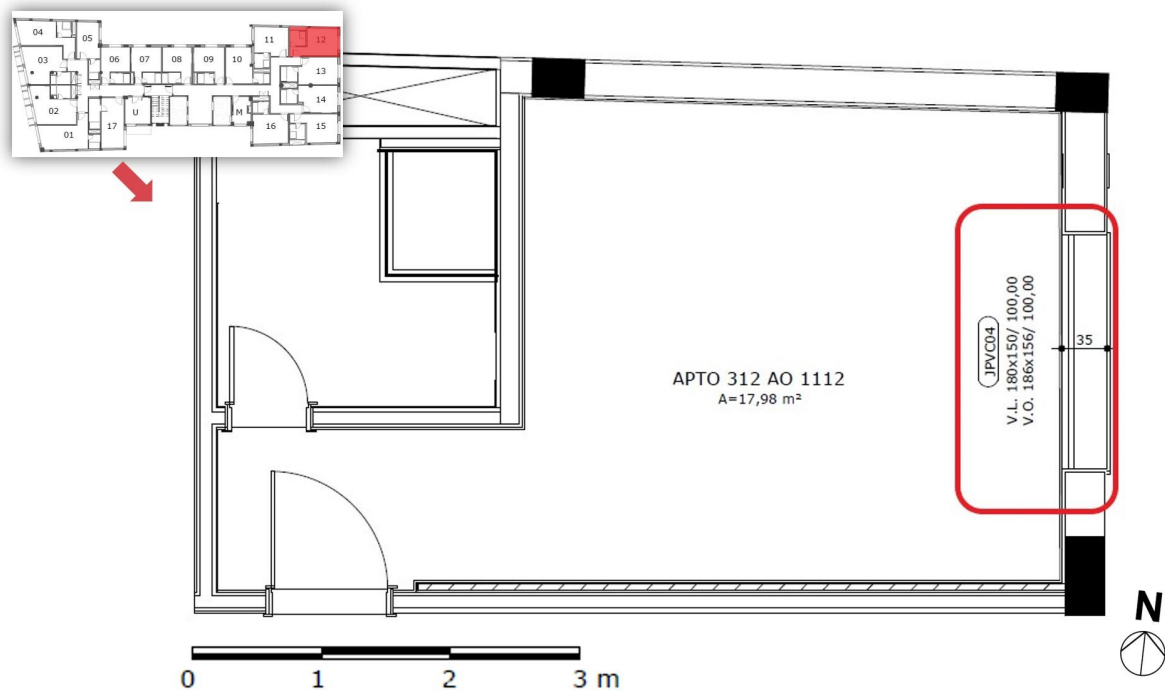
Quadro 4 - Tipos de esquadrias de PVC presentes no pavimento tipo, com sua localização e dimensões.

Identificação da esquadria	Apartamentos tipo/Local	Dimensões do Vão Luz* (cm)
JPVC01	01 e 04	240x150/100
JPVC02	02, 03 e 17	220x150/100
JPVC03	05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, Sala de Medidores	170x150/100
JPVC04	12, 13, 14, 15, 16	180x150/100
JPVC05	Sala de Utilidades	127x162/100
*As dimensões do vão luz seguem o padrão (comprimento)x(altura)/(altura do peitoril)		

(Fonte: elaborado pelo autor)

Para fins de simplificação, uma vez que as janelas divergem em relação às dimensões de acordo com o apartamento tipo, será utilizado o caso do apartamento com final 12 para o estudo (Figura 18).

Figura 18 - Planta baixa do apartamento final 12, com a janela JPVC04 indicada em retângulo vermelho.

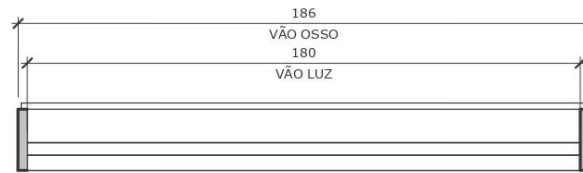
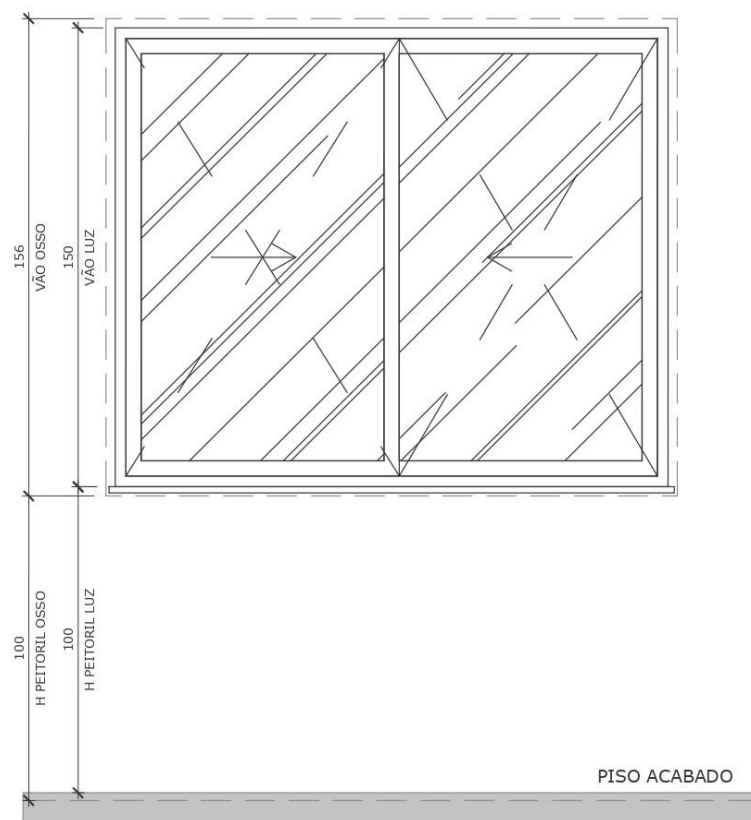


(Fonte: elaborado pelo autor)

Na figura 19, é apresentado o detalhamento da esquadria JPVC04, presente nos apartamentos tipo finais 12, 13, 14, 15 e 16 da edificação.

Figura 19 - Detalhe da esquadria JPVC04

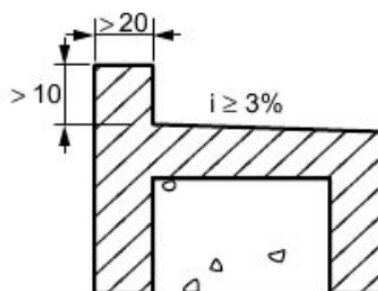
JPVC04	JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
	COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: APTOS FINAIS 12,13,14,15,16
	OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

**PLANTA BAIXA | SEM ESCALA****ELEVAÇÃO | SEM ESCALA**

(Fonte: Empresa de arquitetura responsável pelo projeto)

A norma NBR 10821-5 (ABNT, 2017) recomenda a execução de um ressalto na face interna da parede e realização de inclinação na parte inferior do vão, garantindo a criação de um anteparo para alojamento da esquadria, como mostra a figura 20.

Figura 20 - Detalhe do ressalto no vão acabado inferior da esquadria



(Fonte: ABNT, 2017)

Caso a configuração não seja seguida, exige-se a execução de peitoril com inclinação de no máximo 3%, para que a vedação entre a esquadria e a alvenaria seja garantida.

Na edificação estudada foram mantidos os peitoris originais com pingadeira cerâmica instalada, porém não foi possível determinar a sua inclinação para verificar se é inferior aos 3% exigidos, visto que não foi executado o ressalto no vão.

Não foram apresentados em projeto os detalhes da execução dos peitoris e pingadeiras, além de não apresentar o alinhamento das esquadrias com a parede externa - que pode ser alinhada com a face interna, posicionada no meio do vão ou alinhada com a face externa da parede.

A partir da análise do projeto e de suas premissas, que é um dos métodos de avaliação de desempenho descritos pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021), observa-se que o projeto das esquadrias não indica todos os detalhes construtivos necessários para as interfaces e juntas entre componentes do sistema, que, caso apresentados, facilitariam o escoamento da água e evitariam infiltrações no interior da edificação. Dessa forma, não é possível saber se o projeto atende ou não aos requisitos.

3.2.1.1.2. Fabricantes e materiais das esquadrias

Para a análise comparativa foram tomados dois fabricantes das esquadrias de PVC, A e B, que foram contatados para fornecimento de material e mão de obra de instalação das esquadrias. Os perfis de PVC considerados possuem algumas diferenças quanto à disposição das peças e custo.

Segundo o fabricante A, tanto os perfis quanto os materiais complementares incluídos no sistema proporcionam uma “grande estanqueidade”, sobretudo frente a rajadas

de chuva e vento. Os perfis possuem reforço de aço na parte interna e as folhas vêm com seus materiais de borracha e escovas já incorporadas. As sobreposições centrais contam com materiais de borracha sintética, além das escovas, o que possibilita uma estanqueidade absoluta no encontro total das duas folhas da esquadria de correr. Na figura 21, está a representação elaborada pelo fabricante dos perfis em PVC com dois trilhos e reforço de aço interno.

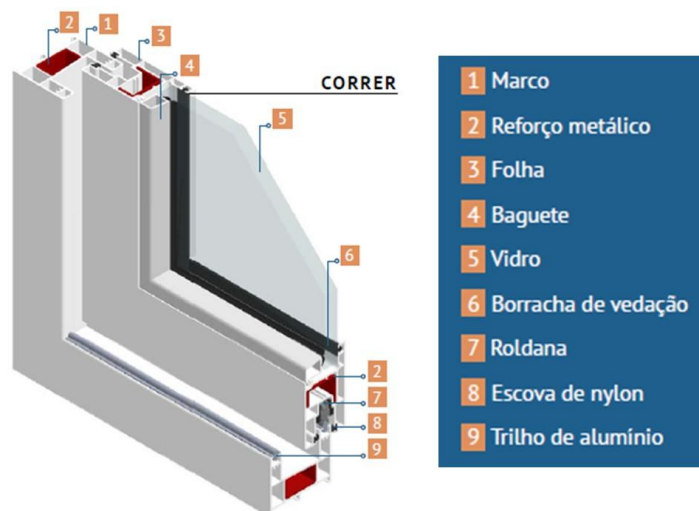
Figura 21 - Perfil em PVC com 2 trilhos para janela de correr (Fabricante A).



(Fonte: Fabricante A)

Já o fabricante B, dispõe de perfis de 40 mm de largura total, também apresentando reforço metálico em sua composição, borrachas de vedação no perímetro dos vidros e escova de nylon incorporados, de forma similar ao fabricante A (Figura 22).

Figura 22- Perfil em PVC para janela de correr (Fabricante B).



(Fonte: Fabricante B)

De acordo com os fabricantes, os perfis fornecidos possuem “bom desempenho” em relação à estanqueidade e são compatíveis com as especificações de projeto.

Uma vez que o desempenho de qualquer sistema construtivo da edificação deve atender aos requisitos e critérios da NBR 15575 (ABNT, 2021), que coloca estes de forma clara e objetiva, com a indicação de métodos e ensaios que asseguram quantitativamente o atendimento aos níveis mínimo, intermediário ou superior de desempenho, percebe-se que os termos utilizados por ambos fabricantes das esquadrias de PVC não são mensuráveis e apropriados para uma análise ou garantia de que o sistema atenda os critérios de aceitação. Como não são informados pelos fabricantes a realização e os resultados de testes e ensaios, ou ainda classificações de desempenho, não é possível afirmar que o sistema atenderá ao nível mínimo de desempenho à estanqueidade caso executado.

Além da necessidade de atender ao requisito mínimo em ensaios de estanqueidade das esquadrias, a aceitação se dará também na constatação de que o procedimento executivo seja seguido conforme as diretrizes estabelecidas na NBR 10821 (ABNT, 2017), que trata da instalação e manutenção de esquadrias externas, conforme descrito no item 3.2.1.1.3.

3.2.1.1.3. Procedimento de instalação

O procedimento de instalação das esquadrias externas teve como referência a NBR 10821 (ABNT, 2017). A janela objeto de estudo é denominada uma esquadria de correr, ou

seja, é formada por uma ou mais folhas - no caso, duas folhas - que podem ser movimentadas por deslizamento horizontal no plano da esquadria.

Os sistemas de vedação vertical externos da edificação, incluindo a interface entre a janela e a parede, devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos e escorrimentos de água (ABNT, 2017). O desempenho do sistema e da vedação da esquadria estão diretamente relacionados à sua correta instalação. O procedimento descrito a seguir se aplica para ambos fabricantes citados dos perfis de PVC em janelas de correr.

Após a remoção das janelas existentes, é necessário o requadro adequado do vão para as dimensões da nova esquadria que será instalada. Nesta fase é pertinente que sejam observadas as folgas necessárias para a instalação da esquadria que será colocada, bem como as tolerâncias do vão acabado, seguindo as recomendações do fabricante. A figura 23 mostra o vão da janela no apartamento de final 16, após a remoção da existente, protegido com travamento em madeira e tela por fins de segurança. No projeto consta a remoção das persianas, mas ainda não haviam sido retiradas.

Figura 23 - Vão de janela em apartamento de final 16 após remoção de esquadria existente.



(Fonte: do autor)

Como se trata de uma substituição da esquadria, é necessária a verificação da integridade da parede existente que a contém, bem como das vergas e contravergas. No caso da constatação de que os elementos não estejam em condições adequadas deve-se proceder com a reestruturação do vão. Na edificação estudada, após remoção das esquadrias, foi verificada a presença e conformidade dos elementos citados, sendo necessário somente os requadros dos vãos para a instalação das novas esquadrias.

Em geral, na instalação de janelas de PVC, se realiza a fixação mecânica, porém é sugerida pela NBR 10821 (ABNT, 2017) a fixação mista, ou seja, tanto mecânica, com a utilização de parafusos, como a química, utilizando espuma expansiva, garantindo uma boa vedação e demais propriedades esperadas da janela. É importante atentar para a seleção de produtos químicos que não se degradem com as intempéries a que estão expostos, como a espuma expansiva e o selante à base de poliuretano, buscando informações do fabricante do material quanto à sua utilização.

A seguir é realizado o posicionamento e fixação dos marcos. Para isso deve-se separar os marcos das folhas, que devem ser fixadas posteriormente. Nessa etapa deve-se atentar ao posicionamento: recomenda-se, para melhores resultados quanto à estanqueidade do sistema, que a esquadria seja faceada por dentro do vão, isto é, pela face interna da parede. Durante a fixação é fundamental o perfeito nivelamento e verificação do prumo da peça, realizado com nível a laser e prumo. Deve ser realizada a vedação do sistema parafuso-perfil após a fixação do parafuso, com tampa específica (ABNT, 2017). Fixados os marcos, pode-se recolocar as folhas da esquadria, realizando o teste de abertura e fechamento após instalação.

A vedação química consiste na próxima etapa, e é fundamental para a garantia do desempenho à estanqueidade informado pelo fabricante. Nesta etapa, é aplicada então a espuma expansiva preenchendo os vazios deixados em todo o perímetro da esquadria, sem deixar falhas. Aguardando a cura do produto conforme informado pelo fabricante - que dependendo do fornecedor pode levar até 24h - é realizado o recorte dos excessos. Sobre a espuma recém cortada é aplicado selante à base de poliuretano em ambos os lados interno e externo da esquadria, por todo o seu perímetro.

Com o acabamento de selante realizado, pode-se prosseguir com a colocação das guarnições, que, além da função estética, fornecem proteção à espuma e ao selante aplicados.

No caso estudado, ambos fabricantes fornecem a esquadria já com a pintura final de fábrica, sendo os perfis cobertos por película - que deve ser removida após instalação - para protegê-los durante a instalação e manuseio.

Como as esquadrias não tiveram sua instalação acompanhada e não tiveram o fabricante definido, tendo sido somente a remoção das esquadrias existentes executada, não foram realizadas verificações de acabamento e dimensões dos vãos, visto que as folgas necessárias para instalação variam de acordo com o fabricante dos perfis escolhido.

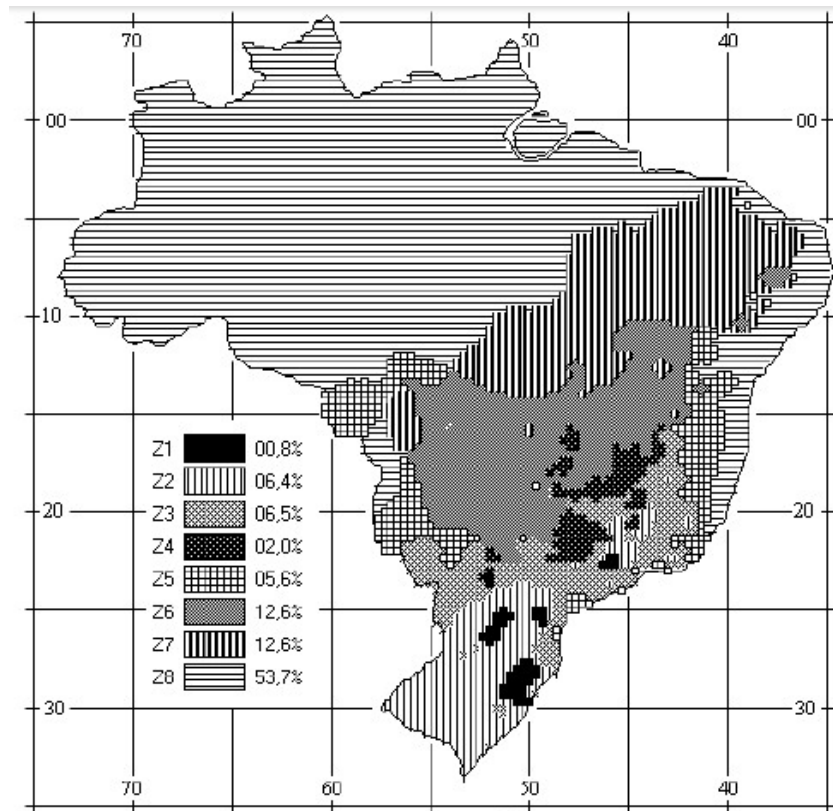
A respeito do projeto das esquadrias, ressalta-se a importância de se apresentar detalhes construtivos que influenciam diretamente no desempenho do sistema, como não foi constatado, por exemplo, um detalhe ou corte representativo dos peitoris das janelas, que possuem exigências quanto à inclinação descritas em norma. Embora se trate de um *retrofit*, em que alguns elementos da edificação permanecem inalterados, todos devem ter representação em projeto, visto que a inserção de novos elementos ou substituição de antigos, como é o caso das esquadrias de PVC, tem impacto direto no desempenho do sistema que a contém, que é o SVVE.

Devido ao método de avaliação de desempenho para o critério de estanqueidade à água de chuva em fachadas ter como referência não só a realização de ensaios - que não foi apresentada pelos fabricantes - mas também o atendimento às premissas de projeto - sendo que este não contemplou detalhes construtivos que evitem a infiltração de água para o interior da edificação - não há condições de afirmar que o SVVE atende ou não ao requisito mínimo de desempenho quanto à estanqueidade.

3.2.1.2. Desempenho térmico do SVVE

O empreendimento estudado, por estar localizado na cidade de Porto Alegre/RS, de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), situa-se na região bioclimática Z3 (Figura 24).

Figura 24 - Zoneamento bioclimático brasileiro, adaptado da NBR 15220



(Fonte: ABNT, 2005)

Essa classificação é levada em conta no atendimento ao requisito de desempenho térmico mínimo em sistemas de vedações verticais externas e ao critério denominado percentual de abertura para ventilação ($P_{V,APP}$) em esquadrias. Para o cálculo deste percentual, é utilizado o método descrito na NBR 15575-4 (ABNT, 2021), que leva em consideração as áreas efetivas de abertura da esquadria e a área de piso do ambiente de permanência prolongada (APP) da unidade habitacional. O $P_{V,APP}$ é calculado a partir da seguinte equação:

$$P_{V,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{v,APP})}{(A_{p,APP})}$$

onde

$P_{V,APP}$ é o percentual de abertura para ventilação do APP, expresso em percentagem (%)

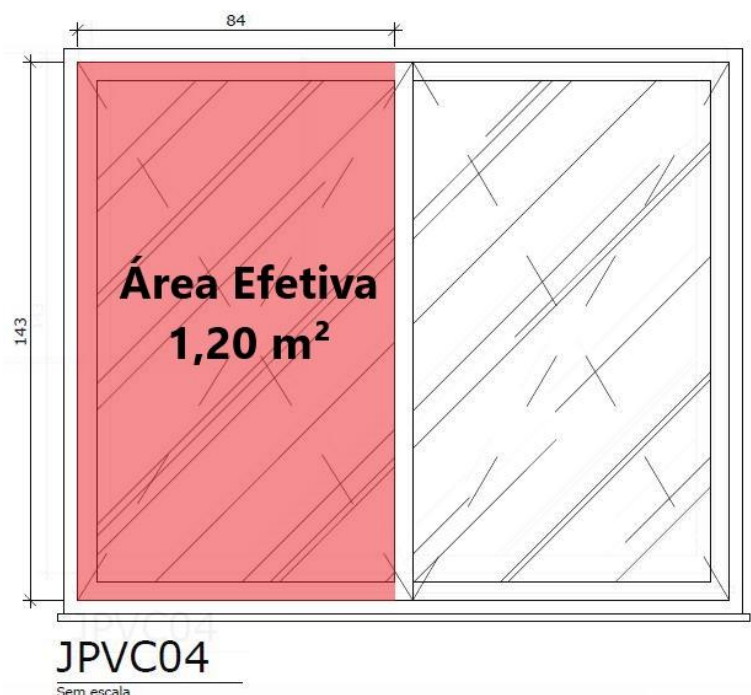
$A_{v,APP}$ é a área efetiva de abertura para ventilação do APP, expressa em metros quadrados (m^2)

$A_{p,APP}$ é a área de piso do APP, expressa em metros quadrados (m^2)

A área de piso do APP ($A_{p,APP}$) deve considerar todo o ambiente delimitado por este. Para o cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser consideradas as aberturas que permitam livre circulação do ar, descontando-se as áreas de perfis, de vidros e de qualquer outro obstáculo (ABNT, 2021).

Dado o apartamento final 12 da edificação e a esquadria externa nele presente - JPVC04 - foi demonstrada a metodologia para verificação do atendimento ao critério de desempenho térmico. Como se trata de uma janela com duas folhas móveis, a área efetiva de abertura é considerada com uma das folhas totalmente aberta - situação de maior área de abertura. Desconsiderando-se as áreas do perfis no perímetro da esquadria e dadas as dimensões de uma das folhas da esquadria, com 84 cm de comprimento e 143 cm de altura, tem-se um total de 1,27 m² para a área efetiva de abertura para ventilação, demonstrada com a hachura em vermelho na figura 25.

Figura 25 - Demonstração da área efetiva de abertura para ventilação ($A_{v,APP}$) na esquadria JPVC04.



(Fonte: elaborado pelo autor)

Na tabela 2, estão representadas áreas efetivas de abertura para as janelas presentes nos apartamentos e salas do pavimento tipo.

Tabela 2 - Área efetiva de abertura para ventilação das janelas utilizadas no pavimento tipo.

Janela	Área Efetiva de Abertura para Ventilação ($A_{V,APP}$)
JPVC01	1,63 m ²
JPVC02	1,49 m ²
JPVC03	1,13 m ²
JPVC04	1,20 m ²
JPVC05	0,90 m ²

(Fonte: elaborado pelo autor)

Já na verificação da área de piso, como os ambientes do apartamento são todos integrados, à exceção do banheiro, que possui divisórias e porta, a área de piso ($A_{p,APP}$) corresponde a 17,98 m² no apartamento de final 12, conforme demonstrado na figura 26.

Figura 26- Representação da área de piso do APP no apartamento final 12.



(Fonte: elaborado pelo autor)

Utilizando-se os resultados obtidos como entrada na equação, foi encontrado um percentual de abertura para ventilação do APP ($P_{V,APP}$) de 6,68%.

$$P_{V,APP} = 100 \cdot \frac{1,20}{17,98} = 6,68\%$$

O percentual de abertura para ventilação dos APP devem obedecer o descrito na tabela 15 da NBR 15575-4:2021, representada pela Tabela 3, sendo maior ou igual ao valor de referência para a região bioclimática no qual a edificação se enquadra.

Tabela 3- Percentuais mínimos de abertura para ventilação, de acordo com a Zona Bioclimática.

Zona Bioclimática	Percentual de abertura para ventilação ($P_{V,APP}$)
1 a 7	$P_{V,APP} \geq 7,0\%$ da área de piso
8 - Região Norte do Brasil	$P_{V,APP} \geq 12,0\%$ da área de piso
8 - Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil	$P_{V,APP} \geq 8,0\%$ da área de piso

(Fonte: elaborado pelo autor, adaptado da NBR 15575)

Dado que o empreendimento está situado na zona bioclimática (ZB) 3, deve-se obedecer um valor mínimo de 7,0 % da área de piso, e, portanto, o $P_{V,APP}$ calculado de 6,68% não atende ao requisito mínimo exigido de abertura para ventilação.

Foram verificados os valores de percentual de abertura para ventilação nos demais apartamentos e salas do pavimento tipo, conforme a tabela 4 apresentada.

Tabela 4 - Verificação dos percentuais de abertura para ventilação ($P_{V,APP}$) para todos os APP do pavimento tipo.

Apartamento/Local	Janela	Área Efetiva de Abertura para Ventilação ($A_{V,APP}$)	Área de Piso do APP ($A_{p,APP}$)	Percentual de Abertura para Ventilação	Atende o desempenho mínimo?
1	JPVC01	1,63 m ²	23,54 m ²	6,9%	Não
2	JPVC02	1,49 m ²	24,05 m ²	6,2%	Não
3	JPVC02	1,49 m ²	23,90 m ²	6,2%	Não
4	JPVC01	1,63 m ²	22,41 m ²	7,3%	Sim
5	JPVC03	1,13 m ²	15,06 m ²	7,5%	Sim
6	JPVC03	1,13 m ²	15,06 m ²	7,5%	Sim
7	JPVC03	1,13 m ²	15,35 m ²	7,4%	Sim
8	JPVC03	1,13 m ²	15,59 m ²	7,2%	Sim
9	JPVC03	1,13 m ²	16,04 m ²	7,0%	Sim
10	JPVC03	1,13 m ²	17,66 m ²	6,4%	Não
11	JPVC03	1,13 m ²	17,09 m ²	6,6%	Não
12	JPVC04	1,20 m ²	17,98 m ²	6,7%	Não
13	JPVC04	1,20 m ²	18,98 m ²	6,3%	Não
14	JPVC04	1,20 m ²	18,70 m ²	6,4%	Não
15	JPVC04	1,20 m ²	18,98 m ²	6,3%	Não
16	JPVC04	1,20 m ²	19,04 m ²	6,3%	Não
17	JPVC02	1,49 m ²	21,10 m ²	7,0%	Sim
Sala de Utilidades	JPVC05	0,90 m ²	12,45 m ²	7,2%	Sim
Sala de Medidores	JPVC03	1,13 m ²	8,26 m ²	13,7%	Sim

(Fonte: elaborado pelo autor)

Dessa forma, pode-se concluir que durante a fase de projeto do *retrofit* deveria ser realizada a análise completa do atendimento ao critério de percentual de abertura para ventilação para cada caso, verificando a necessidade de se ajustar os vãos existentes ou de se utilizar modelos de esquadrias para possibilitar o atendimento do desempenho mínimo exigido pela NBR 15575 (ABNT, 2021).

3.2.2. Revestimento Externo

O revestimento externo de uma edificação é o principal anteparo aos agentes de degradação, apresentando função principal de proteger a edificação frente às intempéries, como as chuvas, o calor e a umidade, além de agregar ao acabamento estético da edificação. Justamente por estar exposto às intempéries, também é deteriorado pela sua ação, exigindo, como qualquer outro sistema, manutenções a fim de garantir sua durabilidade e vida útil esperada.

Na NBR 15575-1 (ABNT, 2021), são considerados os requisitos de vida útil dos sistemas da edificação, tendo como um dos seus critérios a durabilidade do edifício e seus sistemas, que deve ser compatível com a vida útil de projeto (VUP) dos mesmos. No próximo

item, este requisito e critério serão abordados para o revestimento externo em argamassa da edificação.

3.2.2.1. Desempenho quanto à durabilidade do revestimento externo

Um fator imprescindível ao se caracterizar um edifício ou sistema construtivo é a durabilidade garantida pelo mesmo. Ao longo dos anos, o desgaste dos elementos da edificação vai se intensificando, até atingir um estado insatisfatório de desempenho, não atendendo mais às funções às quais anteriormente correspondiam. 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 denominado vida útil (ABNT, 2021). A vida útil de projeto (VUP) do edifício e dos sistemas que o compõem está disposta na NBR 15575 (ABNT, 2021) como um requisito que deve ser atendido, tendo como um dos critérios a sua durabilidade, que é avaliada de acordo com cada sistema da edificação.

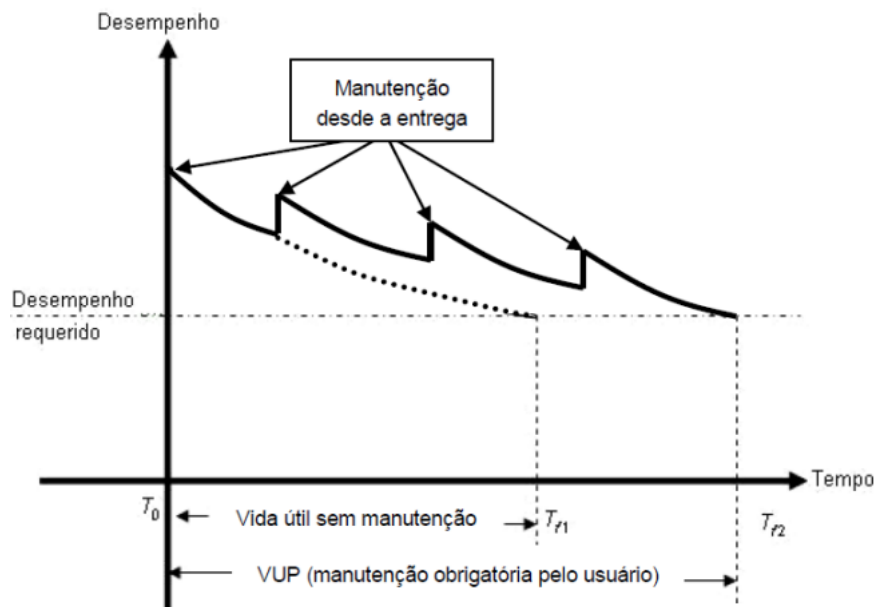
O empreendimento estudado, embora tenha sido construído no ano de 1958, passou, ao longo dos anos, por muitas intervenções e manutenções, a fim de preservar suas funções exigidas e resgatar o desempenho mínimo requerido dos seus sistemas, tendo sua última reforma realizada no ano de 2013. Contudo, não existem documentações que tenham o registro destas alterações realizadas. As paredes de vedação vertical externas da edificação e seus revestimentos são alvo da análise quanto ao requisito de manter a capacidade funcional e as características estéticas, tendo como referência as normas NBR 15575 (ABNT, 2021) e NBR 13749 (ABNT, 2013).

Muitas das manifestações patológicas encontradas nas paredes externas da edificação são fruto de uma má execução ou ainda da falta de manutenções, que, caso realizadas com a periodicidade adequada ao longo do tempo, prolongam o estabelecimento dos níveis de desempenho acima do requerido. A figura 27 representada no anexo C da NBR 15575 (ABNT, 2021) mostra o comportamento da vida útil através das ações de manutenção.

Um revestimento de fachada em argamassa com pintura, por exemplo, pode ser projetado para uma VUP de 25 anos, desde que a pintura seja refeita a cada cinco anos, no máximo. Se o usuário não realizar a manutenção prevista, a vida útil real do revestimento pode ser seriamente comprometida. Por consequência, as eventuais manifestações patológicas

resultantes podem ter origem no uso inadequado e não em uma construção falha (ABNT, 2021).

Figura 27 - Comportamento da vida útil sem ações de manutenção e vida útil de projeto (VUP), que considera a realização de manutenções pelo usuário conforme manual de uso.



(Fonte: ABNT, 2021)

Assim como nas esquadrias, a execução do novo revestimento não aconteceu até a data do trabalho, sendo esta verificação apenas dos revestimentos externos existentes da edificação.

As paredes externas do edifício em estudo possuem revestimento em argamassa, compostos por camadas de chapisco, emboço e reboco, seguidas por demãos de pintura em todas as fachadas, sendo a Oeste (que é também a representação frontal da edificação) a única que apresenta, além das paredes pintadas, trechos de revestimento cerâmico sobre as camadas de argamassa. Foi previsto em projeto o revestimento em ACM no local onde está a cerâmica na fachada principal, por isso o critério de durabilidade não será verificado neste caso. Na figura 28, é possível observar uma fotografia da fachada Leste do edifício, previamente às intervenções e *retrofit*.

Figura 28 - Vista externa da edificação, anterior ao retrofit, mostrando a fachada Leste



(Fonte: do autor)

Para verificação da durabilidade, foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração do revestimento externo em argamassa, que possui idade superior a 50 anos e aplicação em substrato de alvenaria de vedação e estrutura de concreto. O ensaio tem seu procedimento preconizado pela NBR 13528 (ABNT, 2019), através de um equipamento de tração que permite a aplicação contínua de carga centrada e ortogonal ao plano do revestimento.

Para cada uma das fachadas foram retirados 12 (doze) corpos de prova em diferentes pavimentos, e, dessa forma, verificou-se os valores de resistência de aderência à tração (R_a) - que, para revestimento externo pintado ou com base para reboco deve atingir valores maiores ou iguais a 0,3 MPa.

No anexo B, são apresentados todos os ensaios de resistência de aderência à tração para as quatro fachadas da edificação, e as típicas formas de ruptura que podem ocorrer no revestimento - seja ela no substrato, no chapisco, na argamassa, ou ainda nas interfaces entre as camadas.

Com base nos ensaios pode-se concluir que, para a fachada Leste, por exemplo, 92% das amostras não atingiram o desempenho mínimo esperado, de 0,3 MPa, ou seja, apenas uma amostra se mostrou adequada. No ensaio referente a esta fachada, também, a ruptura predominante foi na interface entre substrato/chapisco, muito provavelmente devido a um tratamento da base inadequado, ou por tipo ou cura do chapisco inadequados.

No ensaio de resistência de aderência à tração, pelo menos oito das doze amostras ensaiadas (66,67%) devem atingir valor maior ou igual a 0,3 MPa para a aceitação do revestimento externo. No quadro 5 estão resumidos o percentual de corpos de prova aceitos, os valores de resistência média da amostra e o tipo de ruptura predominante verificados no ensaio. A NBR 13749 (ABNT, 2019) admite as espessuras de paredes externas, na faixa de 20 a 30 mm.

Quadro 5 - Resumo dos resultados encontrados no ensaio de resistência de aderência à tração no revestimento externo em argamassa.

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528:2019				
FACHADA	% de corpos de prova aceitos	Resistência média	Ruptura predominante	Atende à Norma?
Norte	16,7%	0,11 MPa	Interface substrato/chapisco	Não
Sul	8,3%	0,05 MPa	Interface substrato/chapisco	Não
Leste	0,0%	0,03 MPa	Interface substrato/chapisco	Não
Oeste	0,0%	0,10 MPa	Ruptura na argamassa	Não

(Fonte: elaborado pelo autor)

Por não atender ao requisito mínimo quanto à aderência, conclui-se que o revestimento em argamassa deve ser refeito em sua integralidade nas fachadas da edificação.

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2021), a avaliação do critério de desempenho de durabilidade pode ser realizada pela comprovação da durabilidade dos elementos e componentes dos sistemas, conforme Normas a elas associadas que tratam de ensaios específicos, como é o caso desta verificação. Por não atender aos critérios de aceitação dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2019), o sistema verificado também não atende ao desempenho mínimo de durabilidade.

3.2.3. Brises da fachada

São recorrentes em projetos atuais de arquitetura, elementos de fachada que possuam, além do fator estético, a função de proteção solar, mitigando ou até barrando a incidência direta de raios solares em um ambiente interno em determinados horários do dia ou épocas do ano. Edificações que dispõem desses elementos, em geral, conseguem reduzir significativamente a manifestação de calor no seu interior, além de garantir uma eficiência energética também ao local.

Em regiões com grandes amplitudes térmicas e locais onde o clima é composto por período frio e quente, como é o caso do Sul do Brasil, o controle térmico se faz necessário. Nessas análises iniciais, a função da edificação também deve ser considerada. Em edificações residenciais, por exemplo, nos períodos frios, a radiação solar é bem-vinda no espaço interior, o que pode não ocorrer em tipologias escolares, por exemplo, onde a radiação solar direta pode provocar ofuscamentos e, por conseguinte, desconforto visual. (GRALA DA CUNHA, 2011).

Na NBR 15575-1 (ABNT, 2021), os brises são citados no método de simulação computacional para verificação do desempenho térmico quanto ao sombreamento que proporcionam. Esta verificação será realizada neste item, averiguando sua orientação e o cumprimento de sua função enquanto protetor solar e elemento de controle térmico da edificação.

3.2.3.1. Projeto e materiais especificados

Na fachada oeste da edificação estudada, o projeto arquitetônico prevê brises verticais dispostos nos andares de pavimento tipo, em frente às esquadrias que pertencem aos apartamentos de final 02 e 03, que estão destacados na figura 29.

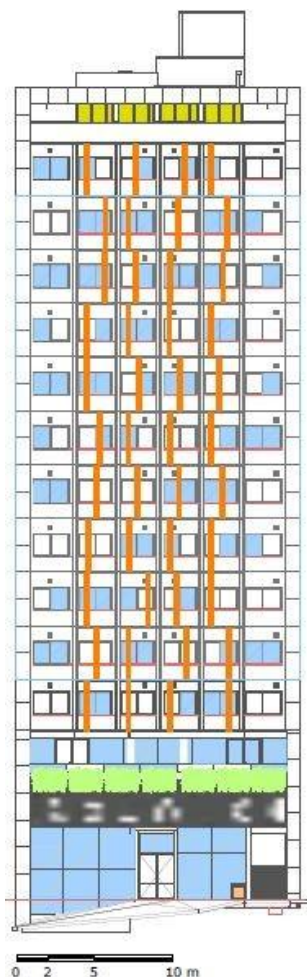
Figura 29- Apartamentos tipo 02 e 03, que recebem os brises verticais em frente às janelas



(Fonte: elaborado pelo autor)

Na vista da figura 30, é representada a fachada oeste da edificação, com os brises verticais - destacados na cor laranja - arranjados nos pavimentos tipo em padrão definido pelo projeto.

Figura 30 - Fachada oeste do empreendimento, com os brises verticais destacados em laranja.



(Fonte: Empresa de arquitetura responsável pelo projeto)

Quanto ao material selecionado para composição dos brises, foi adotada em projeto sua confecção por meio de estrutura metálica em perfil de tipo U, na qual são fixadas placas cimentícias revestidas posteriormente por pintura na cor verde ou rosa. Não se têm disponíveis quaisquer estudos quanto à escolha das cores a fim de auxiliar no desempenho térmico, em termos de reflexão da incidência solar, por exemplo, levando ao entendimento de que se trata apenas de uma escolha para fins estéticos.

As placas cimentícias são muito utilizadas em fachadas e áreas externas, além de apresentarem fácil instalação, que se assemelha bastante a de divisórias em drywall, visto que as chapas são parafusadas em perfis de aço galvanizado, como acontece na execução de paredes de gesso acartonado. Arelada à rápida execução, observa-se também no uso desse tipo de material uma baixa geração de resíduos e uma menor sobrecarga na laje ou estrutura onde será fixada, quando comparada a um elemento constituído em alvenaria tradicional, que

faz necessária a utilização de chapisco, emboço e reboco - componentes que têm alta geração de resíduos - além de exigir estruturas mais resistentes devido à sobrecarga mais elevada.

Foram utilizadas, na confecção do protótipo, placas de gesso revestidas com véu de vidro, diferentemente do especificado, em que são previstas placas cimentícias.

3.2.3.2. Execução de protótipo

Quanto ao procedimento executivo é relevante atentar-se a alguns aspectos, tanto na estrutura e fixação, quanto no tratamento das juntas, cuidados estes que são também comuns às paredes e divisórias confeccionadas em gesso acartonado. Os montantes (perfis galvanizados utilizados na vertical) devem possuir espaçamento especificado em projeto para fixação sobre as guias (perfis galvanizados utilizados na horizontal) e a fixação das chapas nos montantes ocorre com parafusos a cada 30 cm na vertical e 40 cm na horizontal (ZATT, 2010). Já o tratamento das juntas ocorre com uso de fita e massa própria para placas cimentícias, cobrindo totalmente os vazios entre placas.

Durante o período em que se acompanhou a construção do empreendimento, foi executado um protótipo dos brises a serem instalados na fachada oeste. Este protótipo foi confeccionado para fins de validação do uso de um material distinto do projeto, além de avaliar os critérios de qualidade no procedimento executivo, o tempo de execução e as possíveis dificuldades para a realização dos brises. Não foram previstos, em nenhum momento, estudos ou avaliações por meio do protótipo para se analisar a eficácia enquanto elemento de proteção solar - que é a sua principal função.

A estrutura manteve-se a mesma especificada em projeto - perfis do tipo U galvanizados - porém para as chapas foram adotadas placas de gesso revestidas em ambas as faces com véu de vidro, que, segundo fabricante, garantem excelente proteção contra intempéries (umidade, mofo, raios UV), sendo estas indicadas para utilização em áreas externas e fachadas. A tabela 5 apresenta os dados técnicos das chapas de gesso utilizadas na confecção do protótipo dos brises verticais.

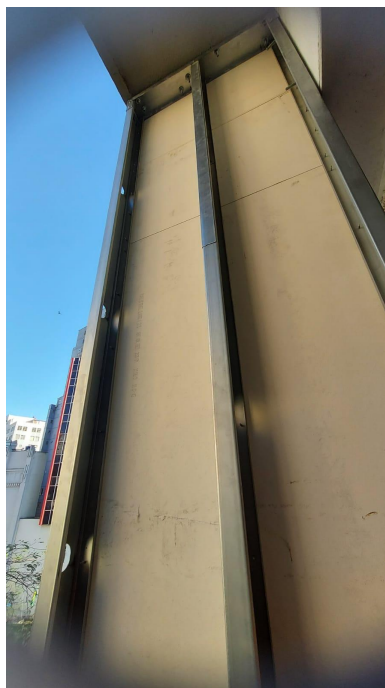
Tabela 5- Especificações técnicas fornecidas pelo fabricante das placas utilizadas no protótipo dos brises.

Denominação	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Peso aprox. (kg/m ²)	Qtd/Embalagem
Placa GLASROC X	12,5	1200	2000 2400	10,7	40/paleta
Designação conforme a norma		ASTM C 1177			
Absorção total de água (%)		<5%			
Absorção superficial de água (%)		<45g/m ²			
Resistência mínima à ruptura na flexão (N)	Longitudinal	≥540			
	Transversal	≥210			
Condutividade Térmica		0,1865 W/mk			
Estabilidade dimensional		<0,005 %			
Comportamento ao Fogo		Classe I (Incombustível)			

(Fonte: Fabricante das placas)

Como se nota na figura 31, referente à execução do protótipo, com apenas uma das faces plaqueadas, a estrutura foi montada fixando-se as guias inferiores e superiores em local estabelecido em projeto e, a seguir, foram posicionados três montantes - um em cada extremidade do brise e um intermediário - para posteriormente parafusar a placa na outra face.

Figura 31 - Estrutura formada por perfis galvanizados do tipo U em brise vertical protótipo.



(Fonte: do autor)

Uma dificuldade encontrada na execução, não prevista em projeto, foi a interferência dos brises com as pingadeiras existentes das esquadrias. Em projetos de *retrofit* de edificações é essencial que todos os elementos, sejam estes novos ou existentes, estejam representados e compatibilizados, já que qualquer inconsistência pode promover alterações de projeto que não eram inicialmente desejadas, substituindo ou removendo elementos que seriam preservados, por exemplo, e conseqüentemente, interferindo no desempenho dos sistemas. No protótipo executado foi validado o recorte da pingadeira, possibilitando a execução do brise de forma inteiriça e sem deslocá-lo ou reduzir sua dimensão na direção de seu comprimento, como mostra a figura 32. Como o desempenho de um sistema depende não só de um elemento, mas de um conjunto de elementos e suas interfaces, deveria ter sido melhor estudado o recorte na pingadeira, já que ela possui um importante papel na garantia da estanqueidade do sistema e, alterando sua configuração, pode implicar em prejuízo para o desempenho do SVVE.

Figura 32- Plaqueamento do brise com chapa de gesso revestido indicado para fachadas



(Fonte: do autor)

A seguir foi realizado o plaqueamento das chapas de gesso indicada para uso externo, parafusadas nos três montantes estruturados. Tendo o brise plaqueado em todas suas faces, foi feito o tratamento das juntas e acabamento com massa cimentícia. Na figura 33, observa-se o protótipo executado com massa cimentícia cobrindo toda a superfície, previamente à sua pintura. Nelas também é possível constatar a pingadeira cerâmica recortada no local que coincide com a posição do brise vertical.

Figura 33 - Protótipo do brise após aplicação de massa cimentícia.



(Fonte: do autor)

3.2.3.3. Desempenho térmico dos brises

A análise da implantação de elementos que objetivem minimizar ou maximizar ganhos térmicos, de acordo com o contexto climático, é um importante instrumento de análise da eficiência energética de soluções arquitetônicas (GRALA DA CUNHA, 2011).

Os brises podem ser de variadas orientações, nas posições horizontal, vertical ou ainda mistos. Independente da sua característica geométrica, são elementos que buscam auxiliar no desempenho térmico da edificação. Conforme sua disposição, dimensões e orientação na fachada, podem contribuir significativamente para o sombreamento em determinados horários do dia, garantindo melhor conforto térmico ao usuário da edificação.

3.2.3.3.1. Verificação da orientação e sombreamento

Como citado anteriormente, os brises, muito além de elementos estéticos, são empregados como parte de um sistema de proteção à incidência solar em ambientes internos de uma edificação. Como forma de avaliar o seu desempenho, considerando o controle solar, e, assim, sua contribuição no comportamento térmico da edificação, dados de projeto

relacionados à latitude da edificação e ângulos de orientação dos elementos de fachada foram inseridos em um programa de simulação computacional.

O software utilizado foi o SOL-AR, um programa gráfico que permite a obtenção da carta solar da latitude especificada, auxiliando no projeto de proteções através da visualização gráfica dos ângulos de projeção desejados sobre transferidor de ângulos, que pode ser plotado para qualquer orientação. (LABEE/UFSC, 2022)

Foram geradas, a partir dos dados de entrada, cartas solares, que permitiram observar os períodos do dia em que ocorre incidência solar na fachada, considerando as estações do ano.

Os dados de entrada no software são a latitude, que, no caso da cidade de Porto Alegre, equivale a 30° S (ou -30°), e a orientação da face de interesse. A orientação consiste na determinação do ângulo de azimute, ou seja, no ângulo formado entre o Norte geográfico e o vetor ortogonal à face de estudo - que aqui corresponde à fachada oeste, onde localizam-se os brises verticais. Para esta determinação se fez uso do software Google Earth, que permite situar o local em referência com o norte geográfico e obter a correta orientação da fachada, como apresenta a figura 34.

Figura 34 - Obtenção do azimute referente à fachada oeste, no valor de 251° .

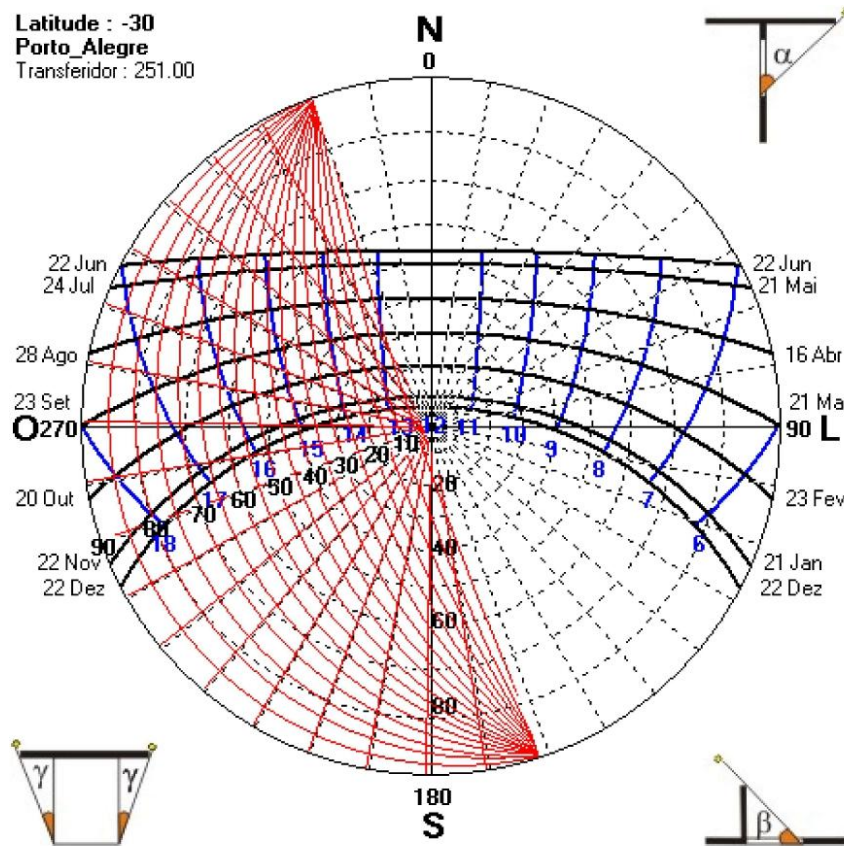


(Fonte: elaborado pelo autor)

Com os dados de entrada inseridos, obteve-se a carta solar para a fachada oeste, vide figura 35. O diagrama apresenta a trajetória solar através da disposição das linhas pretas, destacando algumas datas chave, de equinócios de outono e primavera, e solstícios de verão e

inverno. Nas linhas azuis são representadas as horas do dia e, em vermelho, as linhas geradas para a interpretação de como e em que momentos do dia se tem a incidência dos raios solares para a orientação previamente definida.

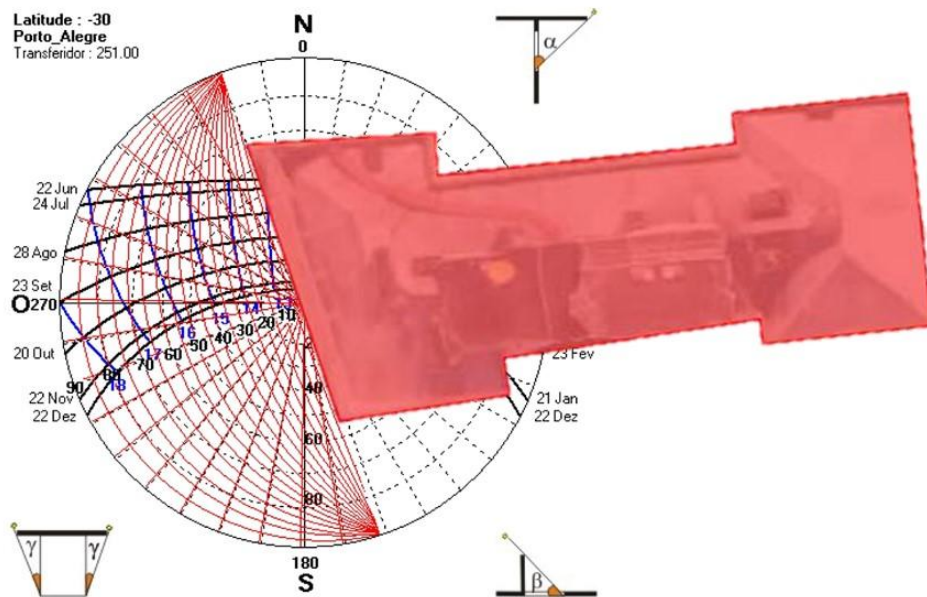
Figura 35 - Carta solar gerada para a orientação da fachada oeste do empreendimento.



(Fonte: SOL-AR)

A fim de facilitar a interpretação se fez a sobreposição do empreendimento na carta solar (Figura 36). Verifica-se que, nos meses de verão, se tem a incidência solar nesta fachada no período a partir das 12h30min até o pôr do sol, enquanto, nos meses de inverno, o Sol incide das 13h até às 17h. Durante a manhã não ocorre a incidência solar, já que a fachada em questão tem orientação voltada para o Oeste.

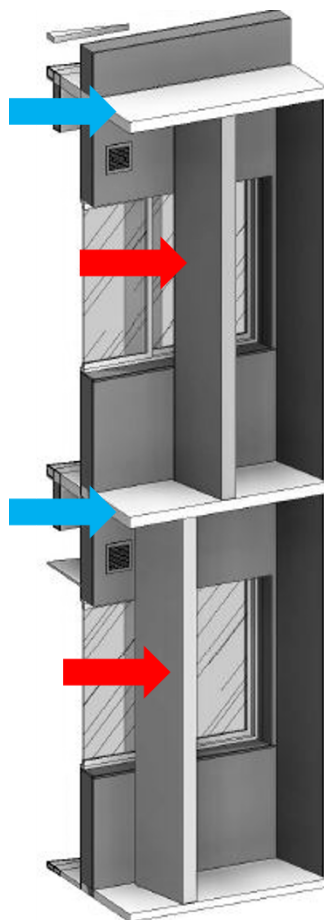
Figura 36 - Sobreposição da vista aérea da edificação com sua carta solar correspondente.



(Fonte: elaborado pelo autor)

Além dos brises verticais especificados em projeto, há também, na fachada oeste, pequenas lajes em balanço existentes na edificação - onde são estruturados os brises verticais - que comportam-se como brises horizontais, cumprindo um papel de proteção solar, além de compartimentar os pavimentos na fachada. Na figura 37, são indicados os elementos em corte da fachada da edificação.

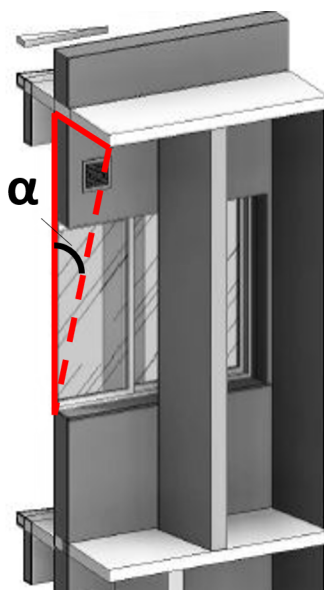
Figura 37 - Elementos horizontais, indicados por setas azuis, e brises verticais, por setas vermelhas.



(Fonte: elaborado pelo autor, modificado da empresa de arquitetura responsável pelo projeto)

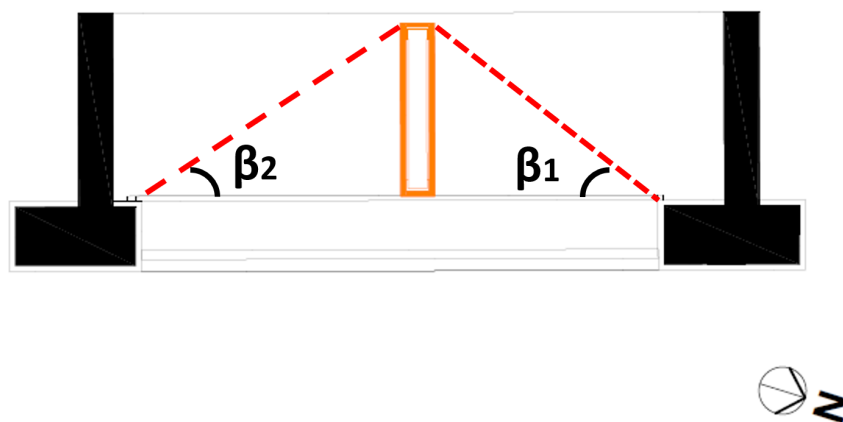
O SOL-AR utiliza como parâmetros os ângulos de incidência solar Alfa, representado na figura 38, que no caso é determinante na análise dos brises horizontais, e dos ângulos Beta 1 e Beta 2, representados na figura 39, e utilizados na verificação dos brises verticais, que partem do elemento protetor e vão até um os cantos da esquadria.

Figura 38 - Ilustração representativa da determinação do ângulo Alfa inserido como parâmetro no *software* para a situação de estudo.



(Fonte: elaborado pelo autor)

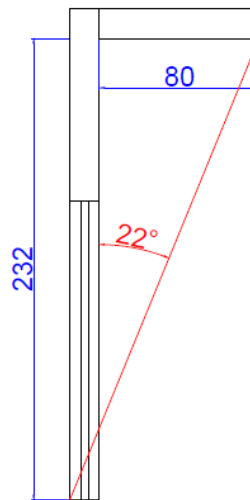
Figura 39 - Ilustração representativa dos ângulos Beta 1 e Beta 2 inseridos no *software* para a situação de estudo.



(Fonte: elaborado pelo autor)

Os elementos horizontais projetam-se 80 cm da superfície das paredes externas da edificação, formando um ângulo de 22° - no *software* indicado como Alfa 1 - com a parte interna da base da esquadria, como demonstra a representação da figura 40.

Figura 40 - determinação esquemática do ângulo Alfa, com cotas em cm dos brises horizontais

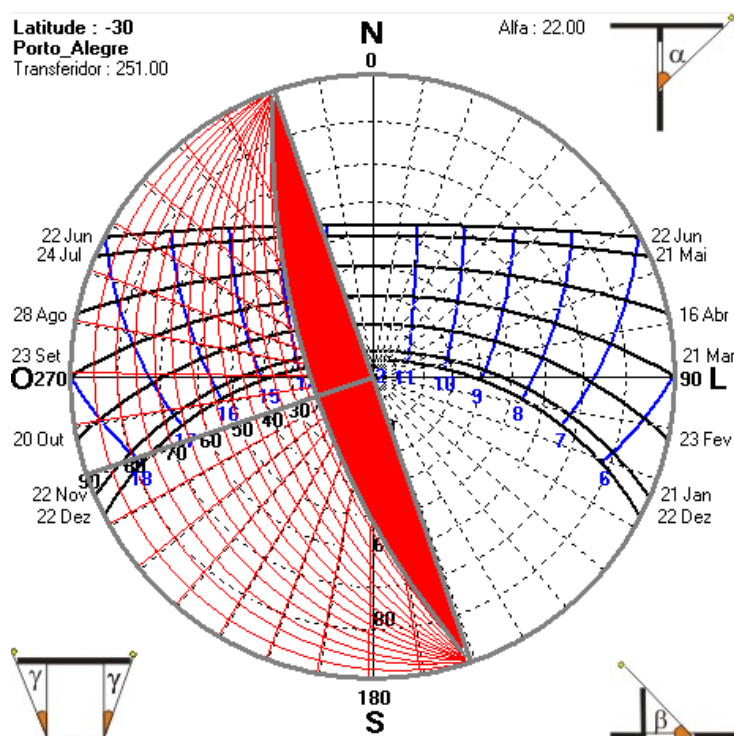


Sem Escala

(Fonte: elaborado pelo autor)

Com o ângulo Alfa inserido no *software*, é gerada na carta solar uma linha, representada na cor cinza, a qual permite interpretar que, durante o inverno (percorrendo-se a linha do dia 22 junho, data do solstício de inverno), o elemento funciona como um brise horizontal protegendo o apartamento da incidência solar até às 14h, e no verão, até o horário de aproximadamente 13h30min. Na figura 41 é apresentada a carta solar obtida.

Figura 41 - Traçado da linha na cor cinza referente ao elemento horizontal.

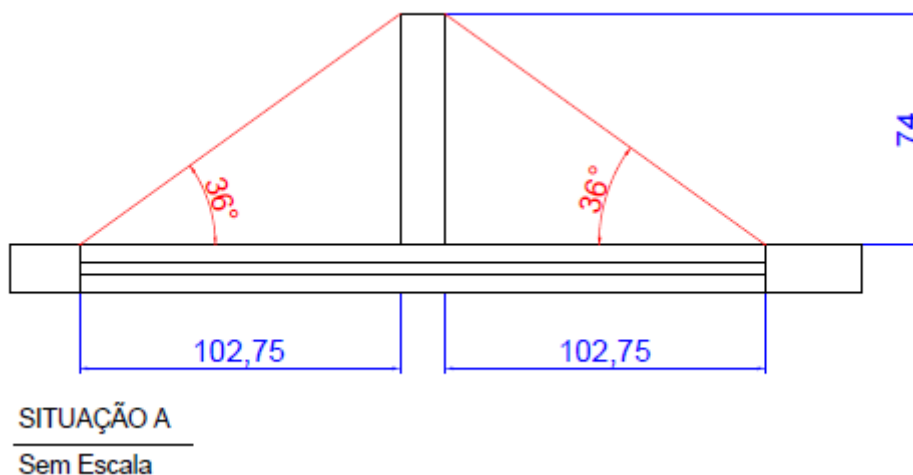


(Fonte: SOL-AR)

Já no caso dos brises verticais, verificam-se os ângulos - no software denominados como Beta 1 e Beta 2 - entre a projeção dos brises e as extremidades laterais das esquadrias. Uma vez que os brises não possuem um padrão estabelecido que se repete nos pavimentos tipo, foram verificados dois casos: um com o brise centralizado com a esquadria (situação A) e outro com o brise na posição de projeto mais próxima de uma das extremidades da esquadria (situação B).

Na situação A, devido à centralização do brise na direção horizontal da esquadria, os ângulos Beta 1 e Beta 2 são iguais, totalizando 36° . Na figura 42 é mostrada a determinação dos ângulos Beta para a situação A.

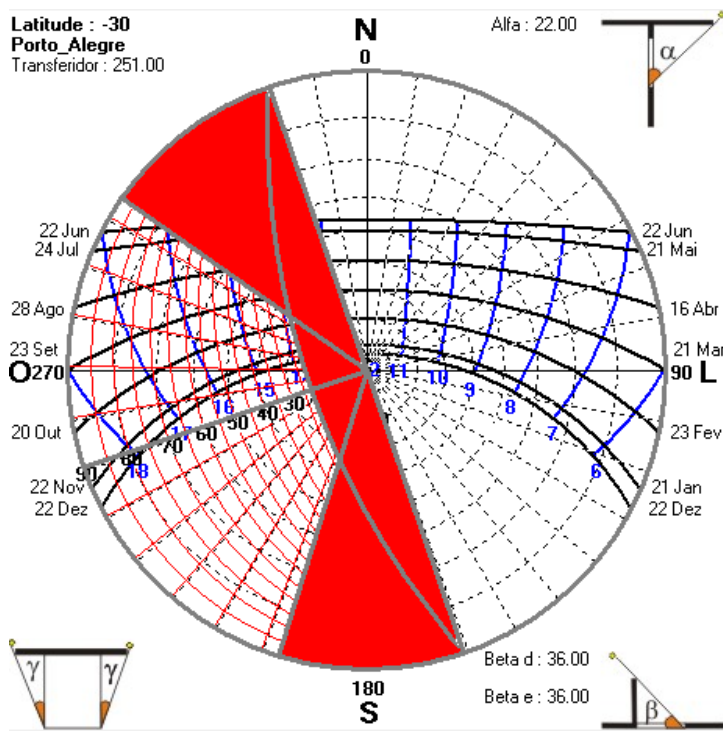
Figura 42 - determinação dos ângulos Beta 1 e Beta 2 para a situação A, com cotas em cm dos brises verticais



(Fonte: elaborado pelo autor)

Somando-se à análise do brise horizontal a situação A dos brises verticais, é obtida a carta solar da figura 43. O sistema formado pelos brises horizontais e verticais promove, principalmente nos meses de inverno e outono, um grande sombreamento até às 16h (caso mais extremo, durante solstício de inverno), enquanto no verão, não ocorrem grandes diferenças decorrentes da inserção dos brises verticais.

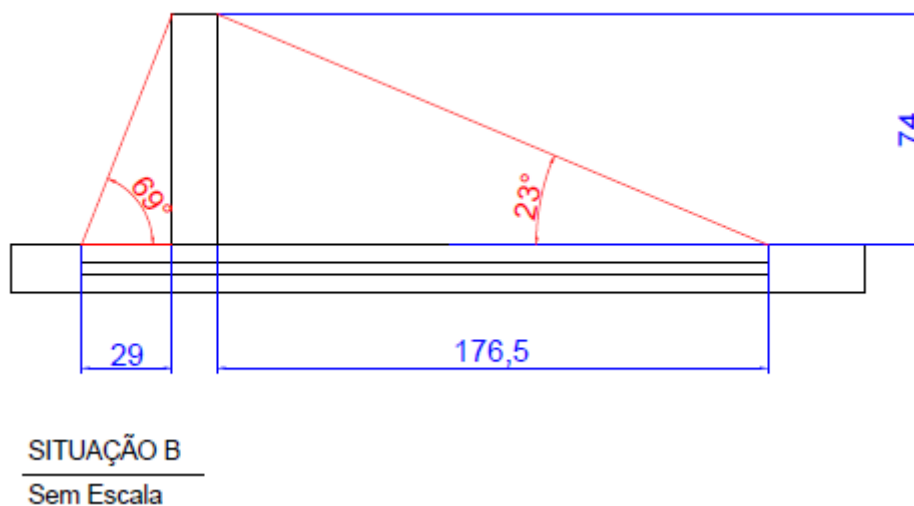
Figura 43 - Situação A. Carta solar com resultados dos brises horizontais e verticais.



(Fonte: SOL-AR)

Já na situação B, o brise vertical forma um ângulo de projeção maior com o canto da esquadria em que está mais próximo, o que acarreta em um ângulo Beta 1 de 23° e um Beta 2 de 69° . Na figura 44 é mostrada a determinação dos ângulos Beta para a situação B.

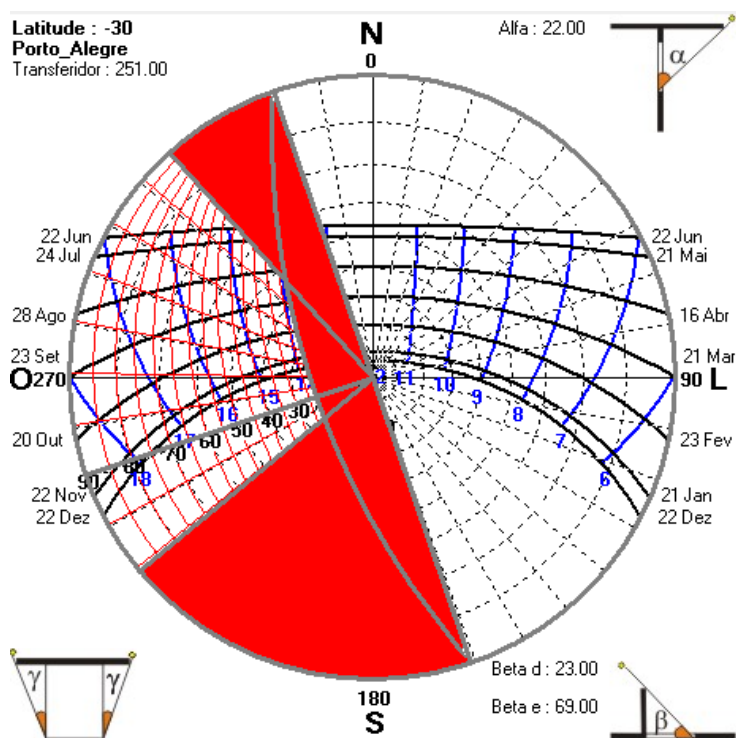
Figura 44 - determinação dos ângulos Beta 1 e Beta 2 para a situação B, com cotas em cm para o brise vertical



(Fonte: elaborado pelo autor)

Na situação B, verifica-se também pouca alteração na incidência solar no interior do ambiente durante os meses de verão e certo sombreamento nos meses frios, atingindo o período de sombreamento máximo até aproximadamente 15h no solstício de inverno. Na figura 45 está a carta solar gerada para a situação B.

Figura 45 - Situação B. Carta solar com resultados dos brises horizontais e verticais.



(Fonte: SOL-AR)

Compreende-se, portanto, que tanto os elementos horizontais existentes quanto os verticais inseridos no *retrofit* reduzem a propagação de calor no ambiente interno, porém o sombreamento ocorre efetivamente nos meses de inverno, quando normalmente é desejável a incidência solar e transferência de calor para o interior da edificação. Enquanto isso, nos meses quentes, os brises não fornecem grandes efeitos de proteção solar, quando se espera que os mesmos cumpram seu papel, garantindo conforto térmico do ambiente e reduzindo a propagação de calor.

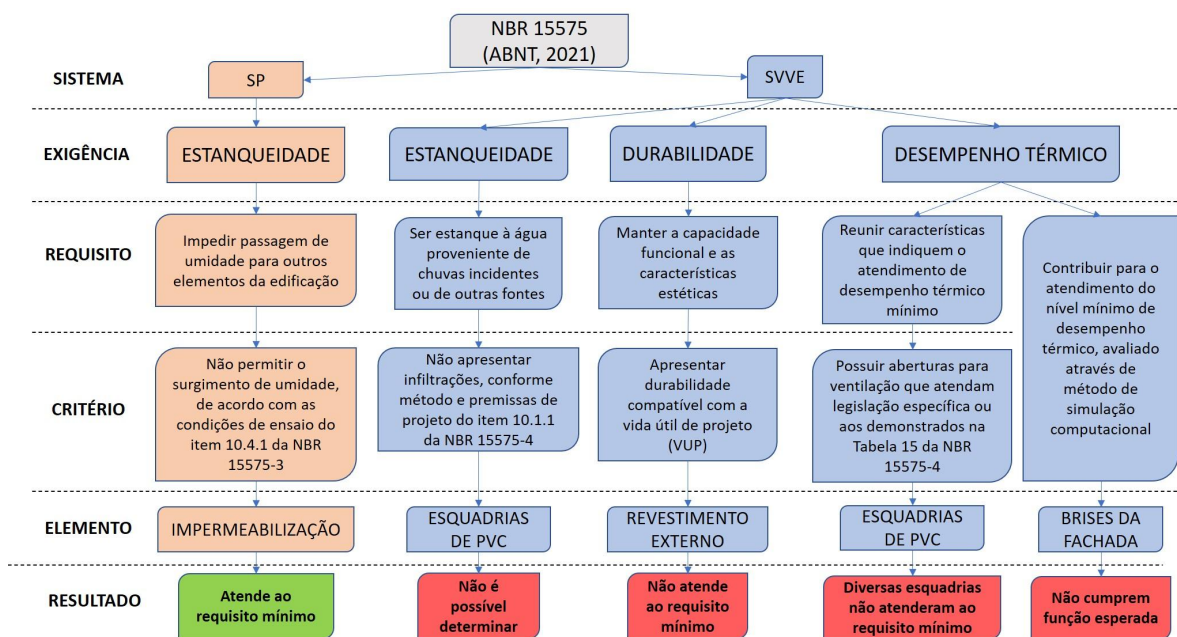
Dessa maneira, pode-se deduzir que o *retrofit* buscou, com a inserção dos brises, a valorização da fachada apenas no conceito estético, ignorando as possibilidades de melhoria da eficiência energética, de se utilizar estes elementos como protagonistas na função de proteção solar. Infere-se que não houve quaisquer estudos da inserção dos brises para se obter ganhos de desempenho térmico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *retrofit* de uma edificação precisa dispor de referências para que se possa verificar e realizar conclusões a respeito do desempenho de seus sistemas. Muito embora a NBR 15575 (ABNT, 2021) não se aplique diretamente a construções desse tipo, é necessário que se faça o embasamento das decisões de projeto e de execução por meio de referências normativas, para que se possa avaliar o cumprimento de sua função de garantir o conforto do usuário, o que é medido através dos requisitos, critérios e exigências. Foi possível inferir que tanto nos sistemas de piso quanto nos de vedação vertical externa, a ausência de projetos específicos de impermeabilização e de fachada, por exemplo, tiveram um impacto negativo no atendimento aos critérios de desempenho.

Na figura 46 pode-se observar o mesmo fluxograma apresentado na introdução, porém com os resultados obtidos nesta verificação de desempenho.

Figura 46 - Fluxograma representativo do SP e SVVE, com os resultados obtidos



(Fonte: elaborado pelo autor)

Ressalta-se também a necessidade de se expressar o desempenho requerido de forma quantitativa e objetiva, seja por meio de cálculo, ensaios, simulação com programa computacional. Como foi visto na verificação de desempenho quanto à estanqueidade do SVVE com relação às esquadrias, não é incomum observar o emprego de termos subjetivos para assegurar desempenho dos elementos. Como se trata de uma informação técnica, todo

material ou sistema que diz possuir nível mínimo de desempenho deve apresentar metodologia adequada que comprove tal, conforme NBR 15575 (ABNT, 2021).

Foram constatadas as seguintes observações para os elementos do SP e do SVVE:

- SP - impermeabilização: desempenho mínimo atingido, pela aprovação nos testes de estanqueidade realizados, contudo foram observados a ausência de projeto de impermeabilização e de cuidados importantes na execução. O procedimento executivo observado pode acarretar em futuras manifestações patológicas e antecipar manutenções no sistema;
- SVVE - esquadrias de PVC e interfaces: não foi atendido o desempenho mínimo à estanqueidade devido à não apresentação de ensaios pelos fabricantes, além da ausência de detalhes importantes em projeto, tanto de estruturas existentes quanto a inserir, que devem ser previstos para assegurar que não ocorram infiltrações. Quanto ao atendimento ao critério de abertura para ventilação, foi constatado que apenas 47% das janelas do pavimento tipo atendem o nível mínimo exigido;
- SVVE - revestimento externo: a partir dos ensaios de arrancamento apresentados, constatou-se que em nenhuma das fachadas houve a aprovação do revestimento, logo, o sistema não atendeu ao desempenho mínimo quanto à durabilidade;
- SVVE - brises da fachada: na verificação da orientação dos brises, por meio das cartas solares obtidas, foi observado que não cumprem com sua função de proteção solar, desempenhando um papel apenas estético na edificação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753** **Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3** **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574** **Execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2008.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575** **Impermeabilização – Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749** **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-5** **Esquadrias para edificações - Parte 5: Esquadrias externas - Instalação e manutenção.** Rio de Janeiro, 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528-1** **Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração - Parte 1: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1** **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3 Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4 Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE.** Rio de Janeiro, 2021.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais.** 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BUTZKE, Vanessa Isabel. **Estudo comparativo entre argamassa impermeabilizante flexível e manta asfáltica para impermeabilização.** Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira. 2020. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

CROITOR, Eduardo Pessoa Nocetti. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra.** 2009. 178f. Dissertação (Departamento de Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2009.

DRYKO IMPERMEABILIZANTES. Drykotec 5500. Disponível em: <https://dryko.com.br/produtos/drykotec-5500/>. Acesso em: 5 de maio de 2022.

GRALA DA CUNHA, Eduardo. Brise-soleil: da estética à eficiência energética. **Arquitextos**, São Paulo, ano 11, n. 131.07, Vitruvius, abr. 2011 <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.131/3844>>.

LABEE/UFSC - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Analysis SOL-AR. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

LOW, S. P.; GAO, S.; LIN TAY, W. “Comparative study of project management and critical success factors of greening new and existing buildings in Singapore.” **Structural survey**, v. 32, p. 413-433. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SS-12-2013-0040>

MELO, A.V.S.; CUNHA, A.S.; SANTOS, P.V.P.; FERREIRA, E.A.M.; COSTA, D.B. Contribuições aos requisitos de projeto no processo do retrofit. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/463>

MORAES, Virgínia Tambasco Freire; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. O desenvolvimento da metodologia e os processos de um “retrofit” arquitetônico. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 7, n. 3, pp. 448-461, 2012. Disponível em: https://web.archive.org/web/20190820024334id_/http://www.revistasg.uff.br:80/index.php/sg/article/viewFile/V7N3A13/V7N3A13

PLACO SAINT-GOBAIN. Placa Glasroc X. Disponível em: https://placo.com.br/system/files/pim/FTP_PLACA_GLASROC_X.pdf. Acesso em: 5 de maio de 2022

ROCHA, Marcius H., QUALHARINI, E. L., “**Modelagem gerencial de sistemas de manutenção predial em edificações históricas**”. In : Construção 2001, p.137-144, Lisboa, dezembro de 2001.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. UFRJ - Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.

VALE, Maurício Soares do. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit**. 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ/FAU Rio de Janeiro, 2006.

ZATT, Gustavo. **Fechamento de paredes de vedação: sistema *light steel frame* utilizando placas cimentícias**. Orientador: Prof. Ruy Alberto Cremonini. 2010. 71 f. TCC (Graduação)

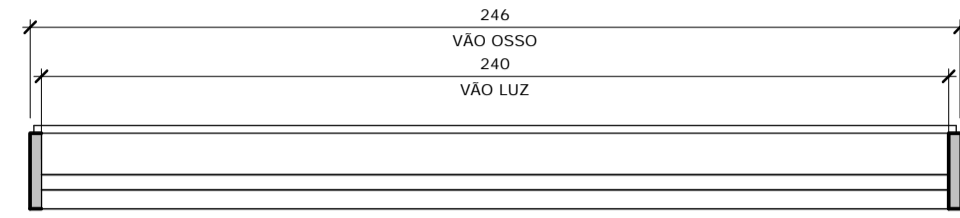
- Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ANEXO A

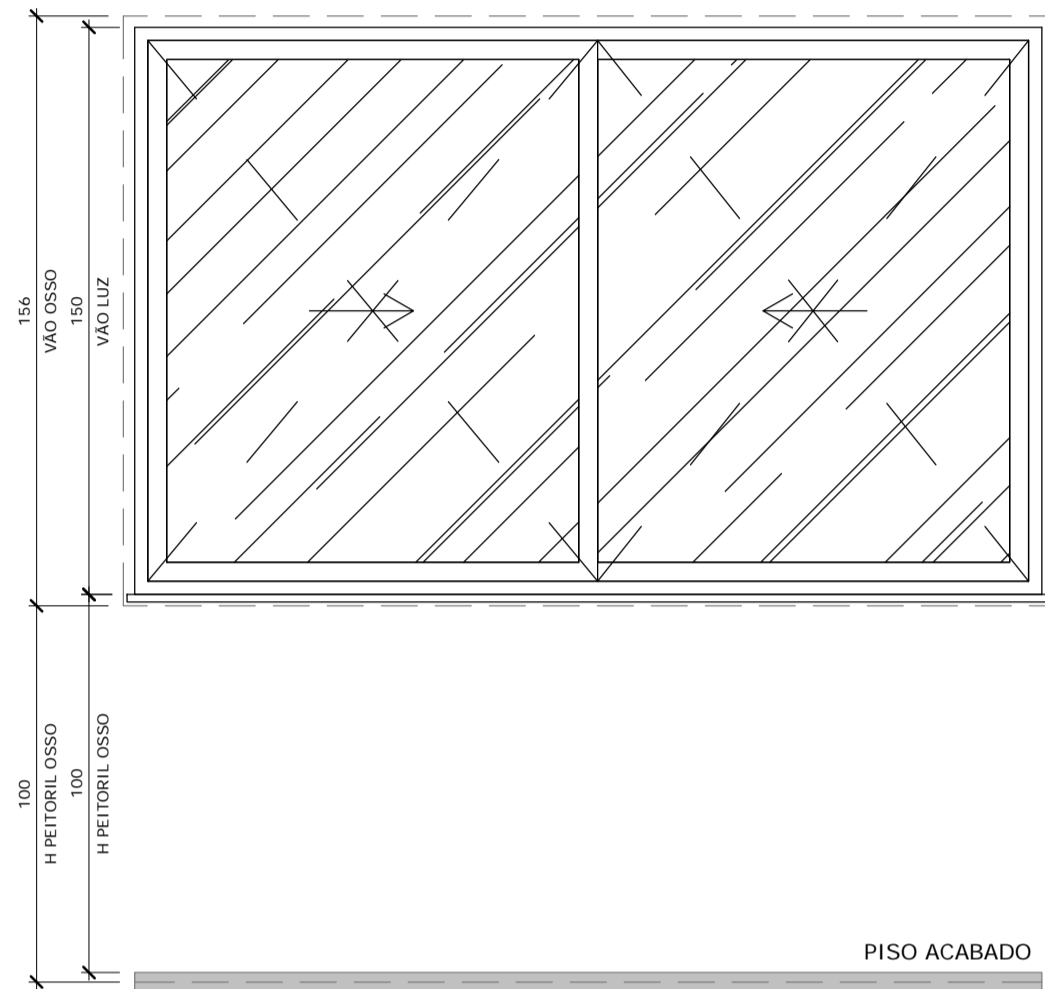
DET ESQUADRIAS - JPVC

1 : 20

JPVC01 JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: APTOS FINAIS 01,04 E HALL DOS ELEVADORES
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

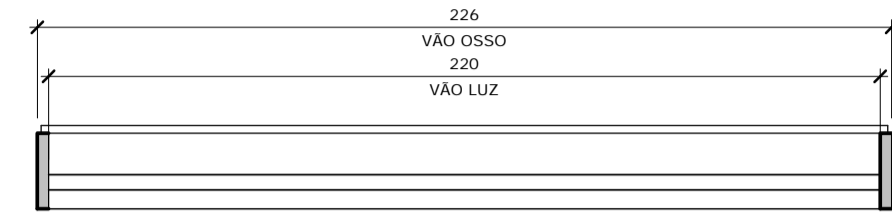


PLANTA BAIXA | 1:20

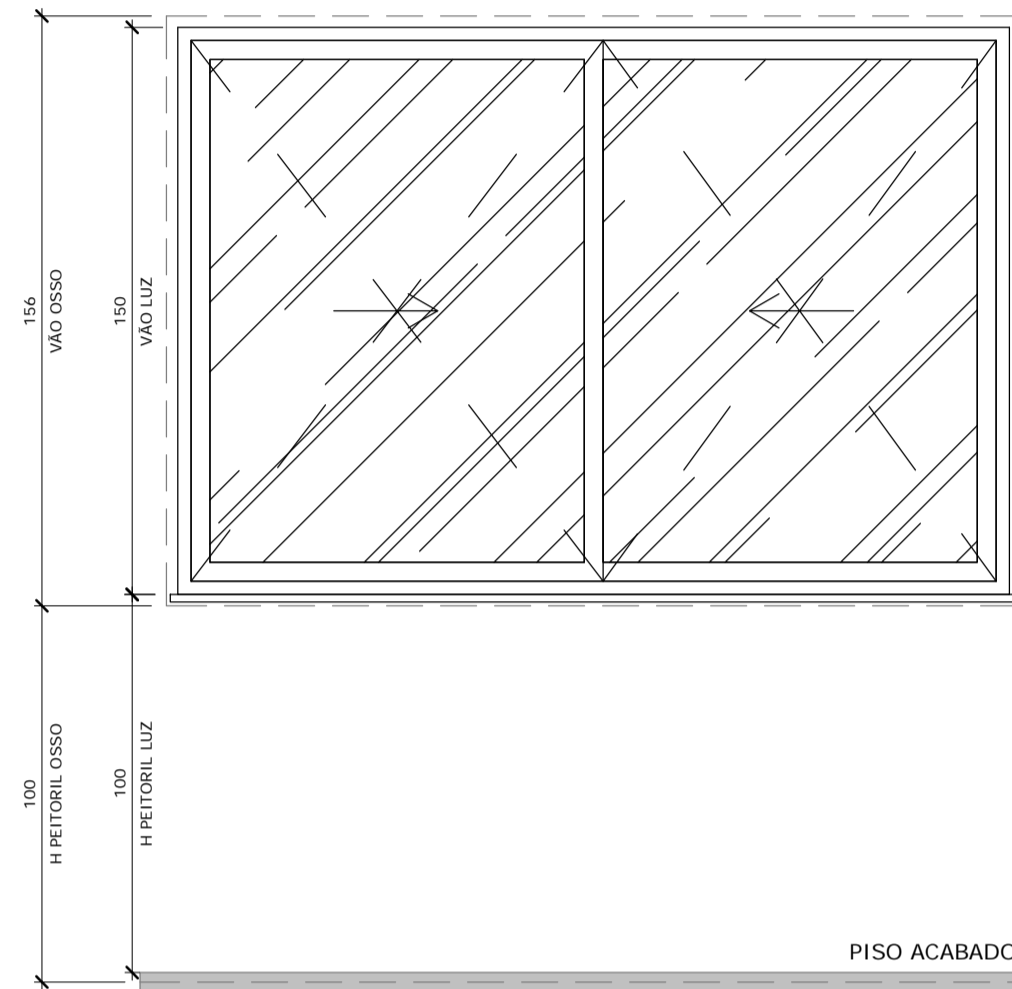


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC02 JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: APTOS 02,03 E 17
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

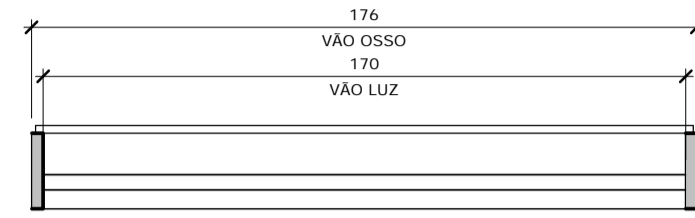


PLANTA BAIXA | 1:20

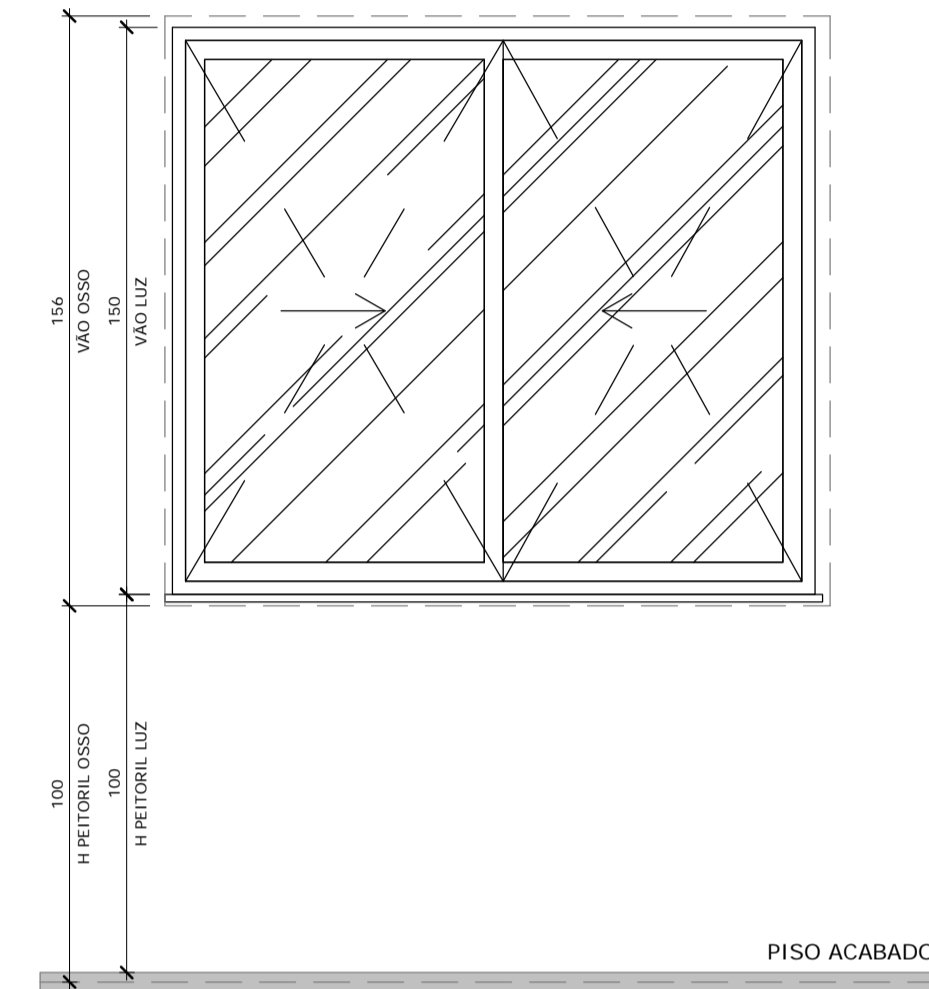


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC03 JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: APTOS FINAIS 05,06,07,08,09,10,11, SALA OPERACIONAL HOUSI, LAVANDERIA 12ºPAVTO
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

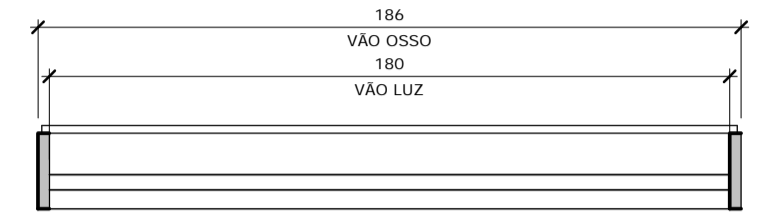


PLANTA BAIXA | 1:20

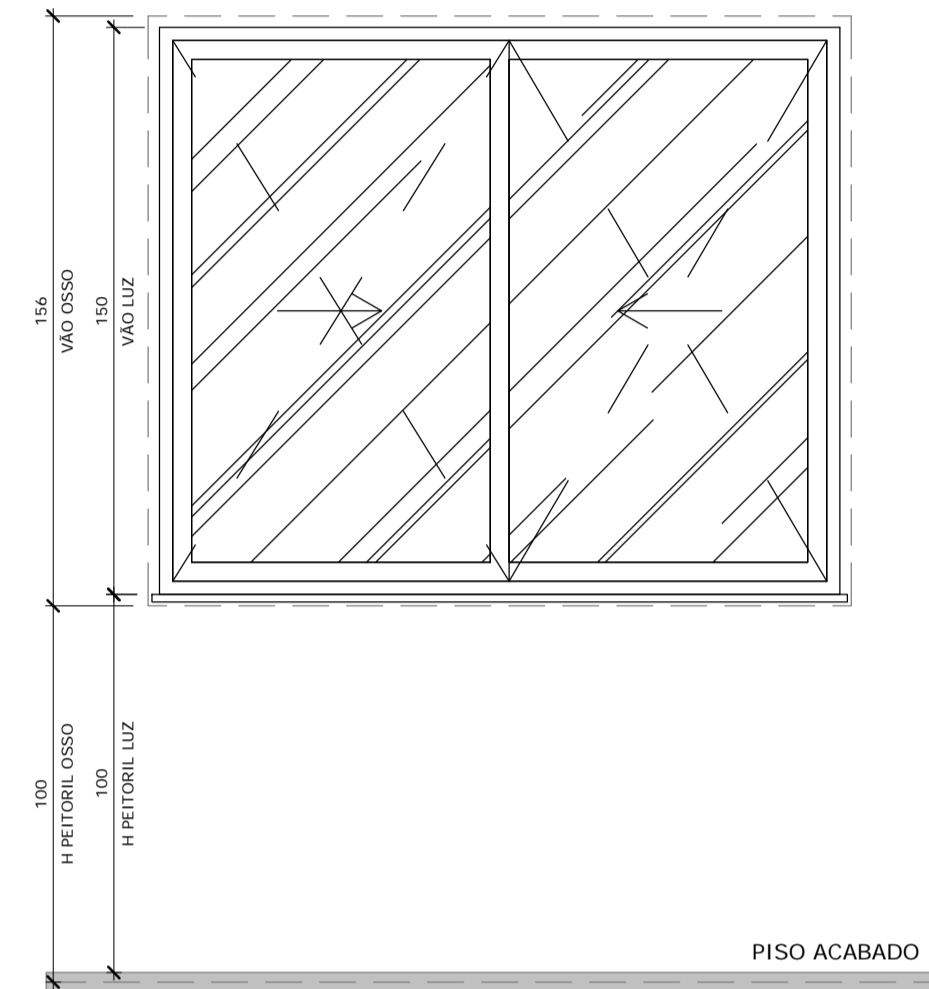


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC04 JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: APTOS FINAIS 12,13,14,15,16
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

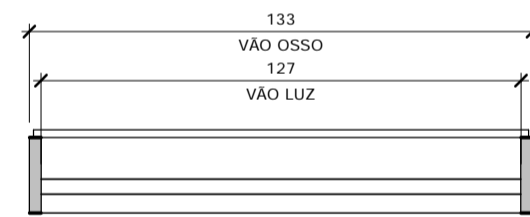


PLANTA BAIXA | 1:20

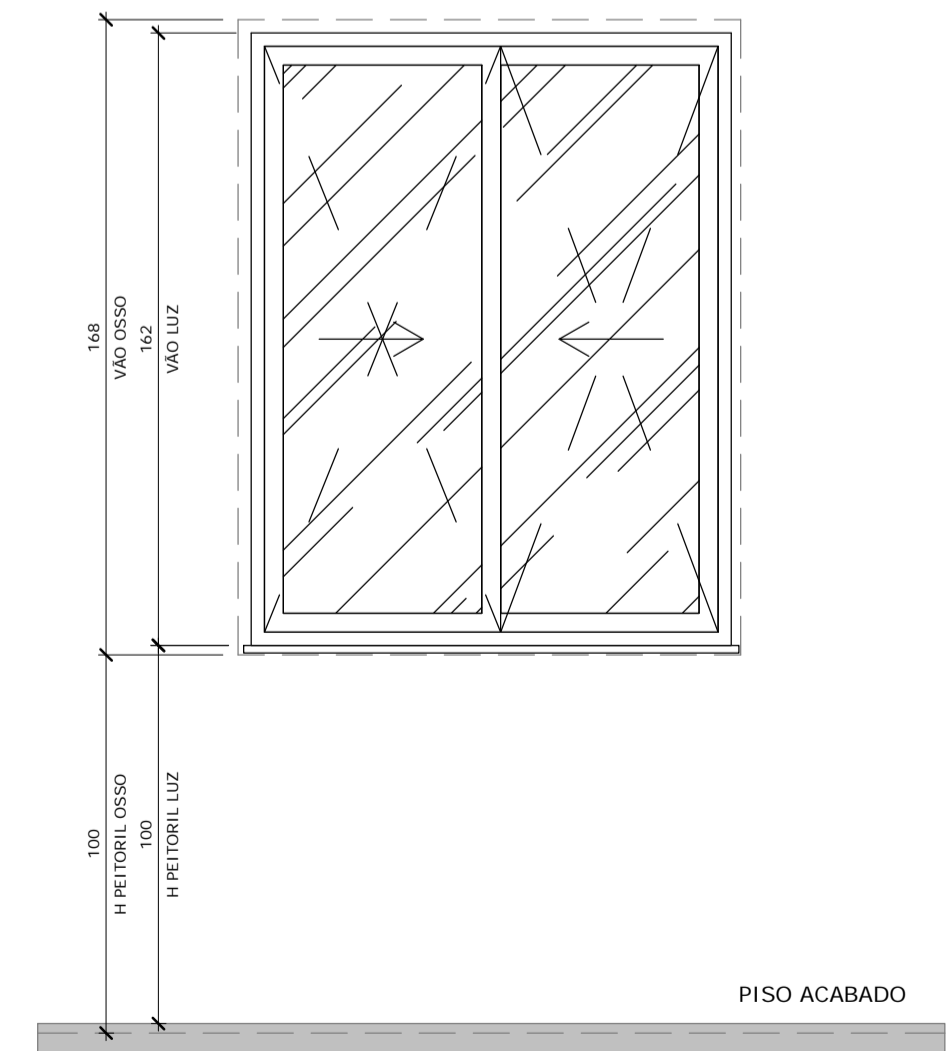


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC05 JANELA DE PVC COM 2 FOLHAS DE VIDRO COM ABERTURA DE CORRER
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: LOCKERS E SALE MACHINE, SALA DE REUNIÕES
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

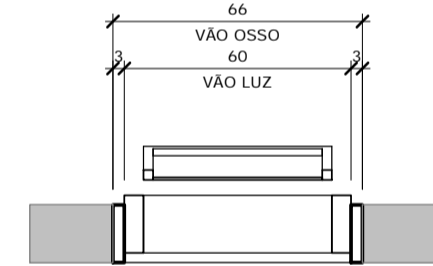


PLANTA BAIXA | 1:20

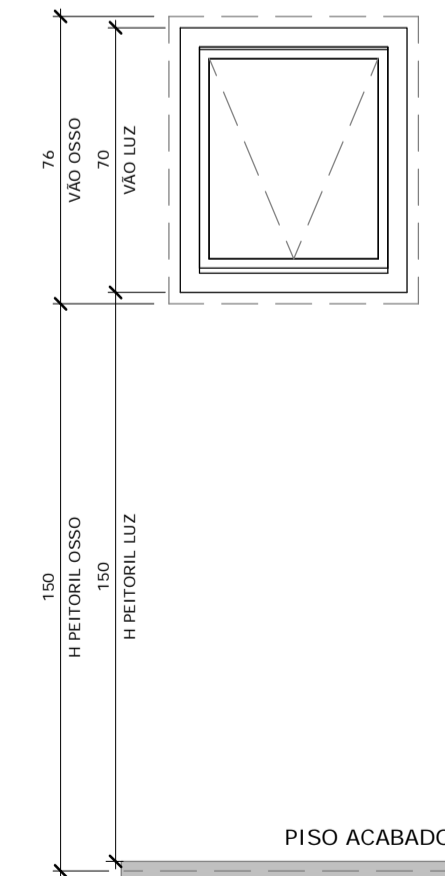


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC06 JANELA DE PVC COM 1 FOLHA DE VIDRO COM ABERTURA MAXIM-AR
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: SANITÁRIO FUNC - SOBRELHOJA
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL

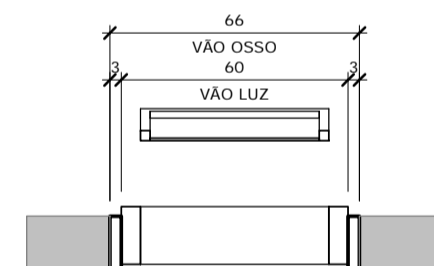


PLANTA BAIXA | 1:20

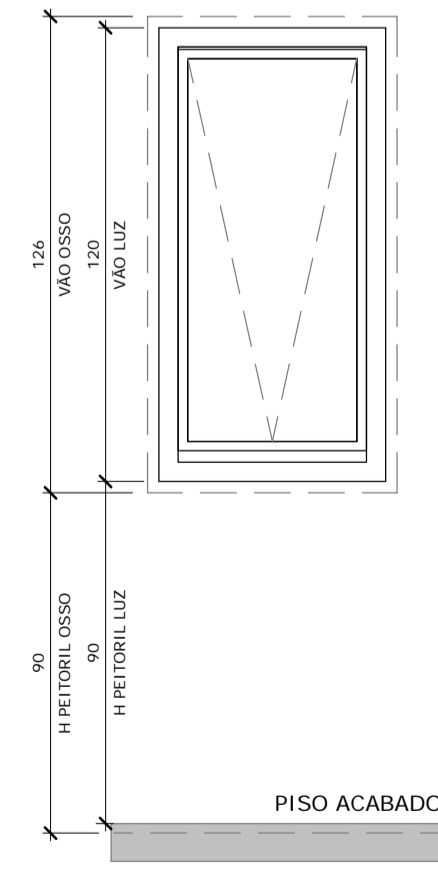


ELEVAÇÃO | 1:20

JPVC07 JANELA DE PVC COM 1 FOLHA DE VIDRO COM ABERTURA MAXIM-AR
COR: BRANCA LOCAL DE INSTALAÇÃO: SANITÁRIOS 12º PAV
OBS: TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL



PLANTA BAIXA | 1:20



ELEVAÇÃO | 1:20

TABELA DE JANELAS DE PVC - JPVC							
CODIGO	TIPO DE JANELA	LARGURA LUZ	ALTURA LUZ	LARGURA OSSO	ALTURA OSSO	PETITORIL	QT
JPVC01	Janela de correr PVC - 240x150	240	150	246	156	100	33
JPVC02	Janela de correr PVC - 220x150	220	150	226	156	100	55
JPVC03	Janela de correr PVC - 170x150	170	150	176	156	100	88
JPVC04	Janela de correr PVC - 180x150	180	150	186	156	100	56
JPVC05	Janela de correr PVC - 127x162	127	162	133	168	100	10
JPVC06	Abertura Maximar PVC - 60x70	60	70	66	76	150	1
JPVC07	Abertura Maximar PVC - 60x120	60	120	66	126	90	2

REVISÃO	DATA	DESCRICAO	DESENHO
R04	09/11/2020	ATUALIZANDO QUANTIDADE DE PORTAS	Kizzy Bohm
R03	15/09/2020	REVISÃO GERAL CFME ATUALIZAÇÃO DA BASE	Kizzy Bohm
R02	10/07/2020	AJUSTE DOS BONECOS DE ESQUADRIA, INCLUSÃO DAS ESQUADRIAS DOS SHAFTS E DAS PELES DE VIDRO	Kizzy Bohm
R01	03/07/2020	EMIÇÃO INICIAL BONECO DE ESQUADRIAS E REVISÃO DAS TABELAS DE QUANTITATIVOS DE ESQUADRIAS	Kizzy Bohm

REVISÃO	DATA	DESCRICAO	DESENHO

EXP. ÚNICO: 002.276271.00.00.4
TÍTULO

RECICLAGEM DE PRÉDIO MISTO

LOCAL: RUA SENHOR DOS PASSOS, 154-PORTO ALEGRE-RS
PROPRIETÁRIO: SPE INFINITA RESIDENCE GLASS LTDA
RESP. TÉCNICO: ARQ. KIZZY BOHM CAU RS A37084-9



ÁREA	ASSUNTO DA PRANCHA	ARQUIVO	PRANCHA
REVISOR	DET JANELAS PVC - JPVC	EX- 303- RR04	303
	PROJETO EXECUTIVO	ESCALA INDICADA	DATA ABRIL/2020

ANEXO B

ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - COM CHAPISCO

Local: Fundos - 7º Pavimento - Fachada Norte
Tipo de Revestimento: Argamassado Externo

Idade: Mais de 50 anos
Data do Ensaio: 06/10/2020

1. NORMAS REFERENCIADAS

NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
NBR 13528:2019 Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
NBR 13749:2013 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação;

2. MATERIAIS E MÉTODOS

SUBSTRATO: Alvenaria de Vedação

CHAPISCO: Não informado

REVESTIMENTO: Não Informado

UMIDADE DO REVESTIMENTO: Amostra 1: 1,3%; Amostra 2: 1,3%; Amostra 3: 1,3% - Média: 1,3

ENSAIO:

Corpos-de-prova com seção circular de diâmetro médio aproximado de 50mm, preparados no dia do ensaio, conforme Figura 01 (a), cortados a seco com serra-copo diamantada acoplada na parafusadeira Dewalt, profundidade além da argamassa (penetração de aproximadamente 2mm no substrato). Colagem das pastilhas por meio de cola epóxi bi componente de secagem rápida (POXIPOL transparente 10min.). O equipamento de tração empregado é do tipo Digital (SOLOTEST 007), conforme esquema da Figura 01 (b), com taxa de carregamento aproximada de 50N/s. O equipamento está calibrado conforme o certificado 30306/20 de 19/06/2020 do Laboratório de Calibração Qualisul Metrologia. A equação para correção é $y=0,9983x$. O teor de umidade do revestimento foi verificado com o equipamento Testo 600.

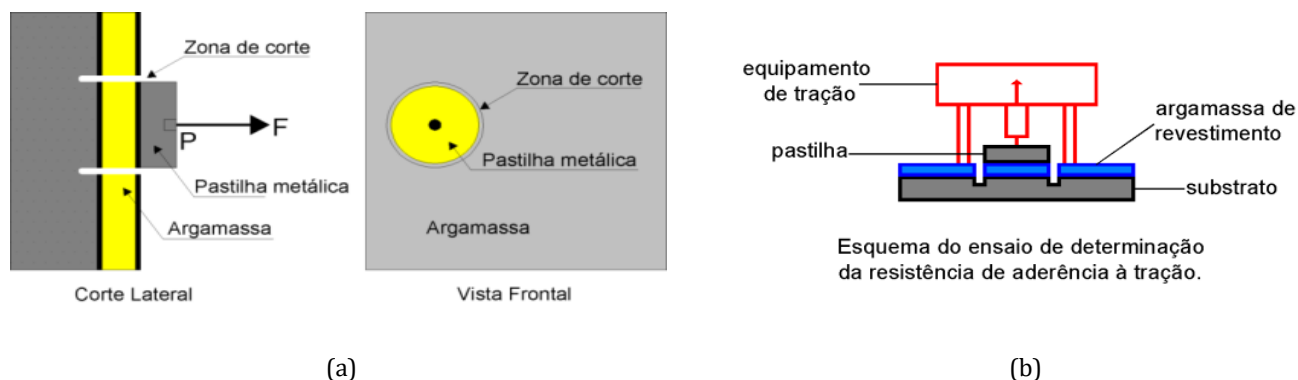


Figura 01: (a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio - seção circular; (b) Dispositivo de ensaio - equipamento mecânico de tração.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:

Ao se analisar os resultados obtidos no ensaio, tração por arrancamento, importante considerar as situações que podem ocorrer, sendo que a Figura 02 mostra as típicas formas de ruptura, que podem se apresentar.

1. No caso das rupturas na interface do chapisco/substrato (b) ou argamassa/chapisco (d), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
2. Quando a ruptura do corpo de prova não ocorre totalmente na interface revestimento/substrato (situações (a) - substrato, (c) - chapisco, (e) - camada de argamassa ou (f) - superficial), dizemos que o valor da resistência à tração não foi determinado e que a aderência do revestimento à base é maior do que o valor encontrado, portanto o resultado do ensaio será precedido pelo sinal > (maior).
3. O resultado deverá ser desprezado quando a ruptura ocorrer na interface cola/pastilha (g), pois indicaria imperfeições na colagem das mesmas.
4. Ocorrendo diferentes formas de ruptura, no mesmo corpo de prova, deve-se anotar a porcentagem aproximada da área de cada uma

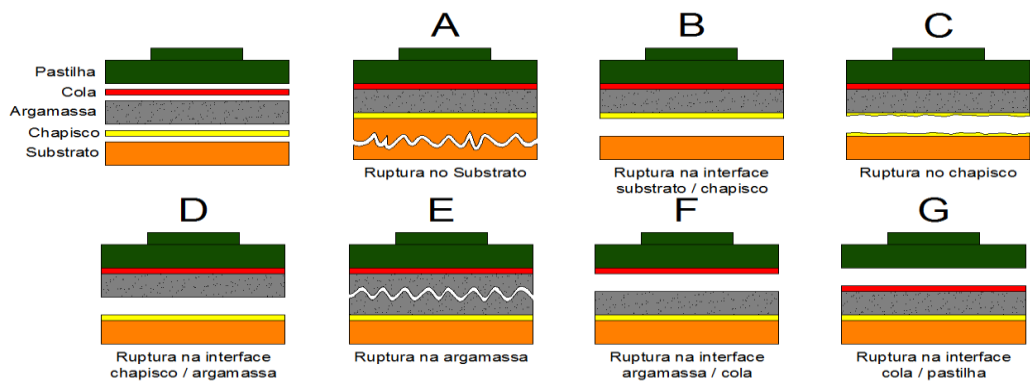
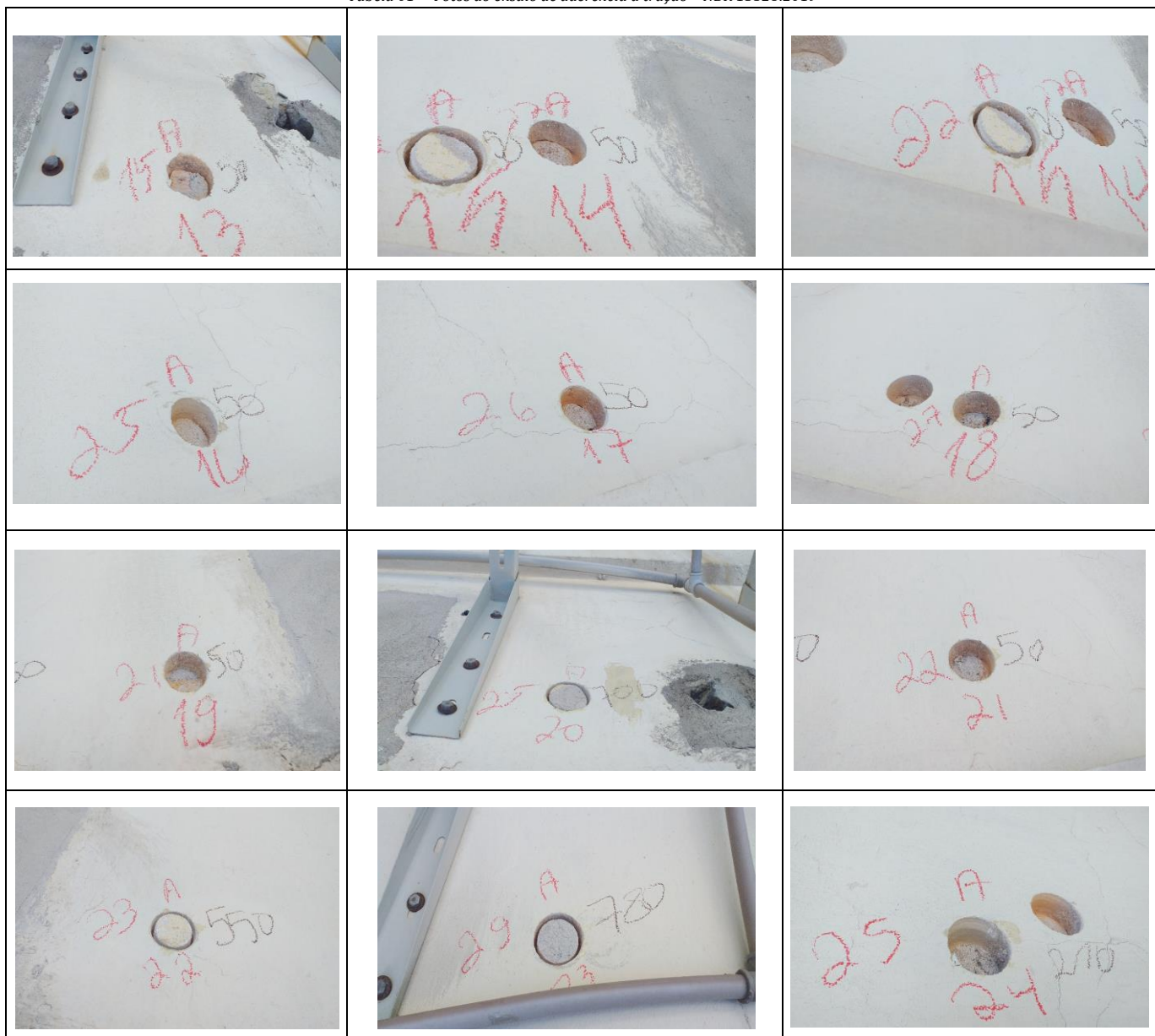


Figura 02: Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração.

3. FOTOS DO ENSAIO

Na Tabela 01, são apresentadas as fotos obtidas durante o ensaio das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 01 – Fotos do ensaio de aderência à tração – NBR 13528:2019



3. RESULTADOS

Na Tabela 02, são apresentados os resultados das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 02 – Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528:2019

Identificação (Obra)	Área Efetiva (mm ²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
13	1.924	50	0,03		100						15
14	1.924	50	0,03		100						22
15	1.924	50	> 0,03					30	70		12
16	1.924	50	> 0,03					100			20
17	1.924	50	> 0,03		10			90			26
18	1.924	50	0,03		100						27
19	1.924	50	0,03		100						21
20	1.924	700	> 0,36					100			25
21	1.924	50	0,03		100						22
22	1.924	550	> 0,28							100	23
23	1.924	780	> 0,40					100			29
24	1.924	210	0,11				100				25

• A ruptura predominante é do tipo (B) – presente em 5 corpos-de-prova válidos.

• Valores acima do limite:

2 Corpos-de-prova

• Resistência média (ruptura predominante):

0,03 MPa

• Resistência média da amostra:

0,11 MPa

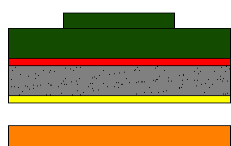
• Coeficiente de variação no ensaio:

123,38 %

• Limite NBR 13749:2013:

0,30 MPa

• Unidades no SI, sendo adotado 1,0 N ≈ 0,1 kgf.

Classificação	
B	<p>B</p>  <p>Ruptura na interface substrato / chapisco</p>

OBS: Para a obtenção dos corpos de prova válidos, 3 foram descartados, devido à falta de aderência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A NBR 13749:2013 admite a espessura de 20 a 30mm para revestimento externo.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, com acabamento de pintura ou base para reboco, aos 28 (vinte e oito) dias, deve, em pelo menos oito dentre doze valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim 2 corpos-de-prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende a Norma.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - COM CHAPISCO

Local: Frente - Fachada Sul
Tipo de Revestimento: Argamassado Externo

Idade: Mais de 50 anos
Data do Ensaio: 06/10/2020

1. NORMAS REFERENCIADAS

NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
NBR 13528:2019 Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
NBR 13749:2013 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação;

2. MATERIAIS E MÉTODOS

SUBSTRATO: Alvenaria de Vedação

CHAPISCO: Não informado

REVESTIMENTO: Não Informado

UMIDADE DO REVESTIMENTO: Amostra 1: 1,3%; Amostra 2: 1,3%; Amostra 3: 1,3% - Média: 1,3

ENSAIO:

Corpos-de-prova com seção circular de diâmetro médio aproximado de 50mm, preparados no dia do ensaio, conforme Figura 01 (a), cortados a seco com serra-copo diamantada acoplada na parafusadeira Dewalt, profundidade além da argamassa (penetração de aproximadamente 2mm no substrato). Colagem das pastilhas por meio de cola epóxi bi componente de secagem rápida (POXIPOL transparente 10min.). O equipamento de tração empregado é do tipo Digital (SOLOTEST 007), conforme esquema da Figura 01 (b), com taxa de carregamento aproximada de 50N/s. O equipamento está calibrado conforme o certificado 30306/20 de 19/06/2020 do Laboratório de Calibração Qualisul Metrologia. A equação para correção é $y=0,9983x$. O teor de umidade do revestimento foi verificado com o equipamento Testo 600.

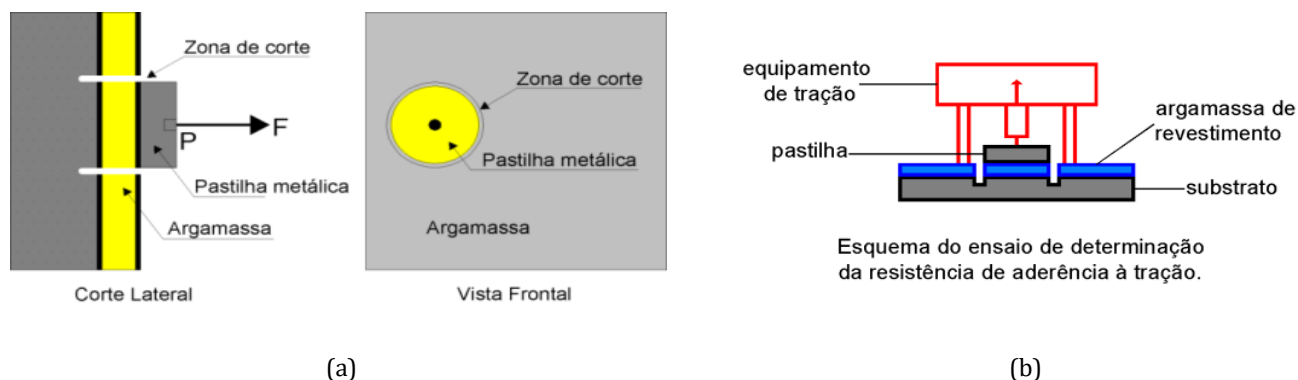


Figura 01: (a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio - seção circular; (b) Dispositivo de ensaio - equipamento mecânico de tração.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:

Ao se analisar os resultados obtidos no ensaio, tração por arrancamento, importante considerar as situações que podem ocorrer, sendo que a Figura 02 mostra as típicas formas de ruptura, que podem se apresentar.

1. No caso das rupturas na interface do chapisco/substrato (b) ou argamassa/chapisco (d), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
2. Quando a ruptura do corpo de prova não ocorre totalmente na interface revestimento/substrato (situações (a) - substrato, (c) - chapisco, (e) - camada de argamassa ou (f) - superficial), dizemos que o valor da resistência à tração não foi determinado e que a aderência do revestimento à base é maior do que o valor encontrado, portanto o resultado do ensaio será precedido pelo sinal > (maior).
3. O resultado deverá ser desprezado quando a ruptura ocorrer na interface cola/pastilha (g), pois indicaria imperfeições na colagem das mesmas.
4. Ocorrendo diferentes formas de ruptura, no mesmo corpo de prova, deve-se anotar a porcentagem aproximada da área de cada uma

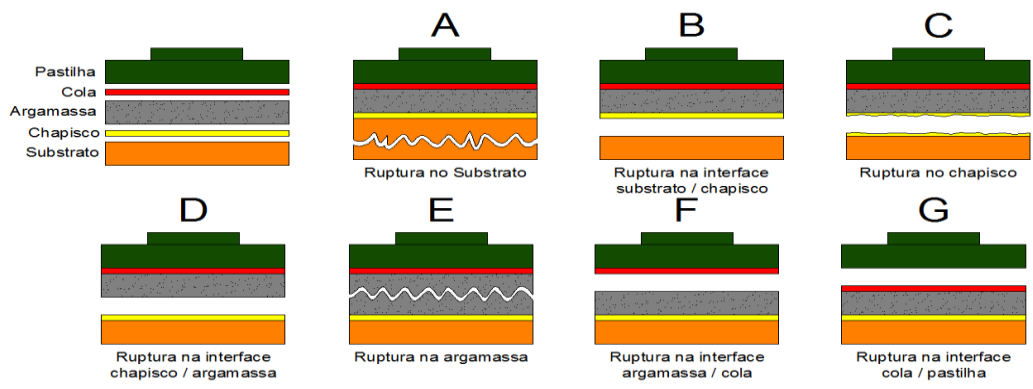
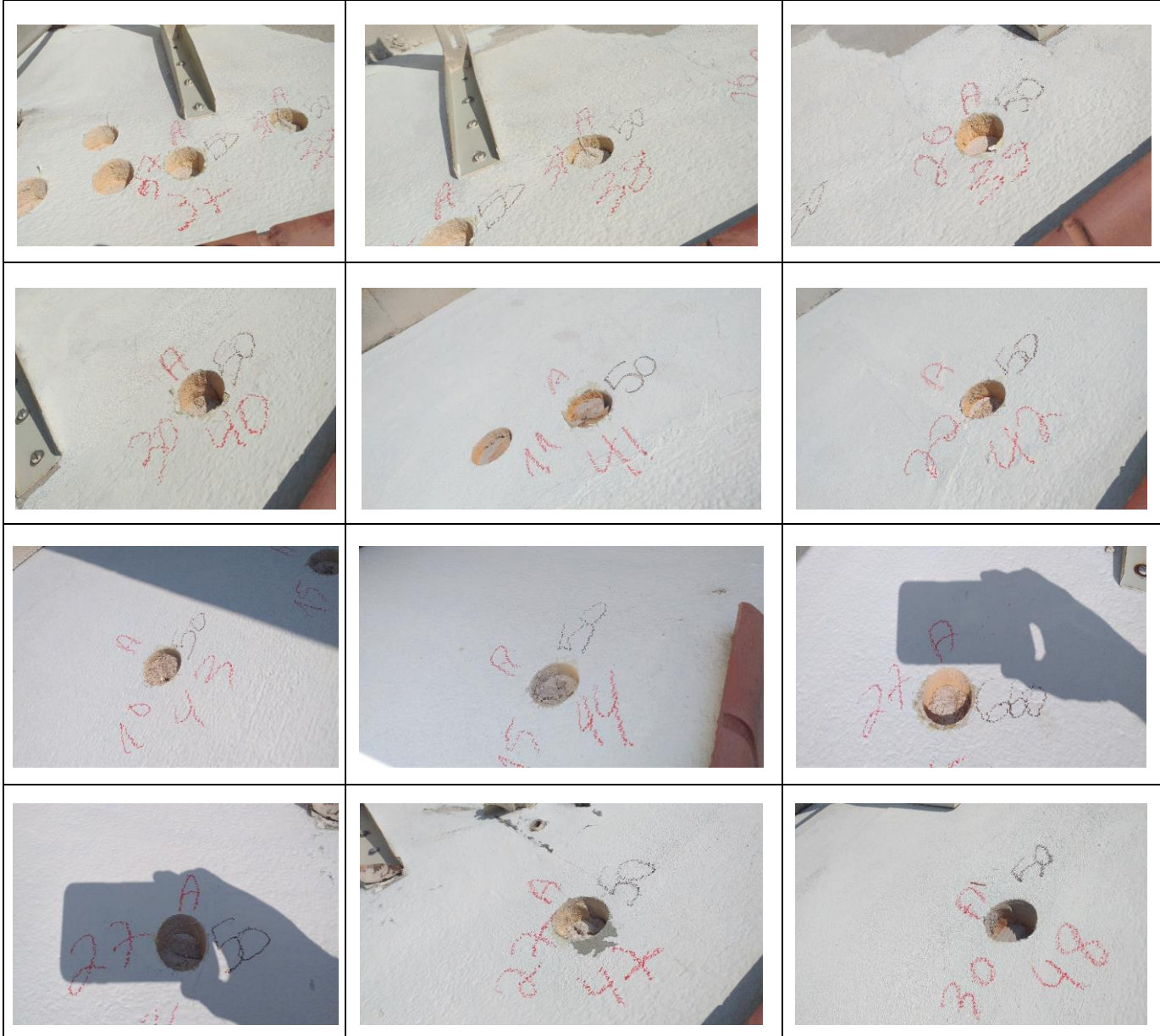


Figura 02: Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração.

3. FOTOS DO ENSAIO

Na Tabela 01, são apresentadas as fotos obtidas durante o ensaio das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 01 – Fotos do ensaio de aderência à tração – NBR 13528:2019



3. RESULTADOS

Na Tabela 02, são apresentados os resultados das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 02 – Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528:2019

Identificação (Obra)	Área Efetiva (mm ²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
37	1.924	50	0,03		100						30
38	1.924	50	0,03		100						26
39	1.924	50	0,03		100						37
40	1.924	50	0,03		100						37
41	1.924	50	0,03		100						11
42	1.924	50	0,03		100						20
43	1.924	50	> 0,03					100			10
44	1.924	50	0,03		100						15
45	1.924	660	0,34		100						27
46	1.924	50	0,03		100						27
47	1.924	50	0,03		100						27
48	1.924	50	0,03		100						30

·A ruptura predominante é do tipo (B) – presente em 11 corpos-de-prova válidos.

·Valores acima do limite:

1 Corpos-de-prova

·Resistência média (ruptura predominante):

0,05 MPa

·Resistência média da amostra:

0,05 MPa

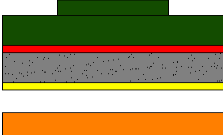
·Coeficiente de variação no ensaio:

167,20 %

·Limite NBR 13749:2013:

0,30 MPa

·Unidades no S I, sendo adotado 1,0 N ≈ 0,1 kgf.

Classificação	
B	<p>B</p>  <p>Ruptura na interface substrato / chapisco</p>

OBS: Para a obtenção dos corpos de prova válidos, 2 foram descartados, devido à falta de aderência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A NBR 13749:2013 admite a espessura de 20 a 30mm para revestimento externo.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, com acabamento de pintura ou base para reboco, aos 28 (vinte e oito) dias, deve, em pelo menos oito dentre doze valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim 1 corpos-de-prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende a Norma.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - COM CHAPISCO

Local: **Lateral Direita - 5º Pavimento - Fachada Leste**
Tipo de Revestimento: **Argamassado Externo**

Idade: **Mais de 50 anos**
Data do Ensaio: **06/10/2020**

1. NORMAS REFERENCIADAS

NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
NBR 13528:2019 Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
NBR 13749:2013 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação;

2. MATERIAIS E MÉTODOS

SUBSTRATO: Alvenaria de Vedação

CHAPISCO: Não informado

REVESTIMENTO: Não Informado

UMIDADE DO REVESTIMENTO: Amostra 1: 1,3%; Amostra 2: 1,3%; Amostra 3: 1,3% - Média: 1,3

ENSAIO:

Corpos-de-prova com seção circular de diâmetro médio aproximado de 50mm, preparados no dia do ensaio, conforme Figura 01 (a), cortados a seco com serra-copo diamantada acoplada na parafusadeira Dewalt, profundidade além da argamassa (penetração de aproximadamente 2mm no substrato). Colagem das pastilhas por meio de cola epóxi bi componente de secagem rápida (POXIPOL transparente 10min.). O equipamento de tração empregado é do tipo Digital (SOLOTEST 007), conforme esquema da Figura 01 (b), com taxa de carregamento aproximada de 50N/s. O equipamento está calibrado conforme o certificado 30306/20 de 19/06/2020 do Laboratório de Calibração Qualisul Metrologia. A equação para correção é $y=0,9983x$. O teor de umidade do revestimento foi verificado com o equipamento Testo 600.

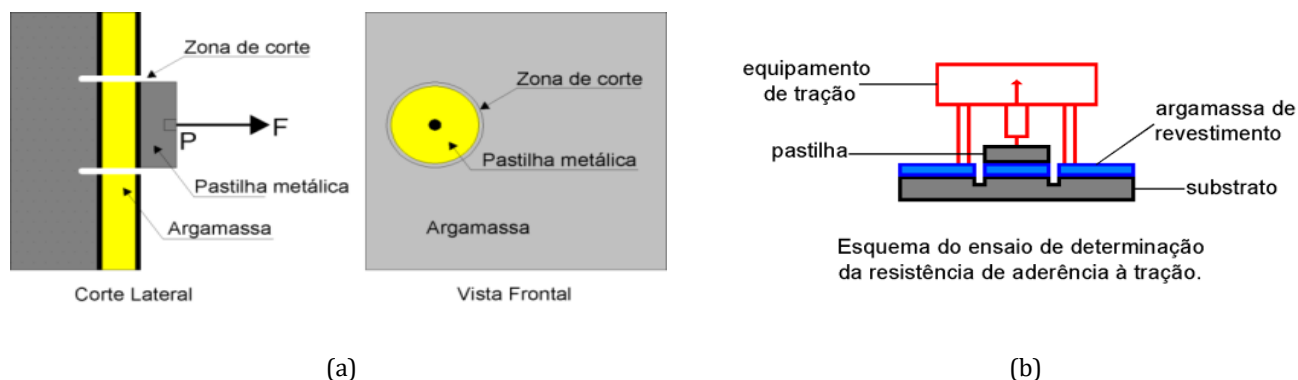


Figura 01: (a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio - seção circular; (b) Dispositivo de ensaio - equipamento mecânico de tração.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:

Ao se analisar os resultados obtidos no ensaio, tração por arrancamento, importante considerar as situações que podem ocorrer, sendo que a Figura 02 mostra as típicas formas de ruptura, que podem se apresentar.

1. No caso das rupturas na interface do chapisco/substrato (b) ou argamassa/chapisco (d), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
2. Quando a ruptura do corpo de prova não ocorre totalmente na interface revestimento/substrato (situações (a) - substrato, (c) - chapisco, (e) - camada de argamassa ou (f) - superficial), dizemos que o valor da resistência à tração não foi determinado e que a aderência do revestimento à base é maior do que o valor encontrado, portanto o resultado do ensaio será precedido pelo sinal > (maior).
3. O resultado deverá ser desprezado quando a ruptura ocorrer na interface cola/pastilha (g), pois indicaria imperfeições na colagem das mesmas.
4. Ocorrendo diferentes formas de ruptura, no mesmo corpo de prova, deve-se anotar a porcentagem aproximada da área de cada uma

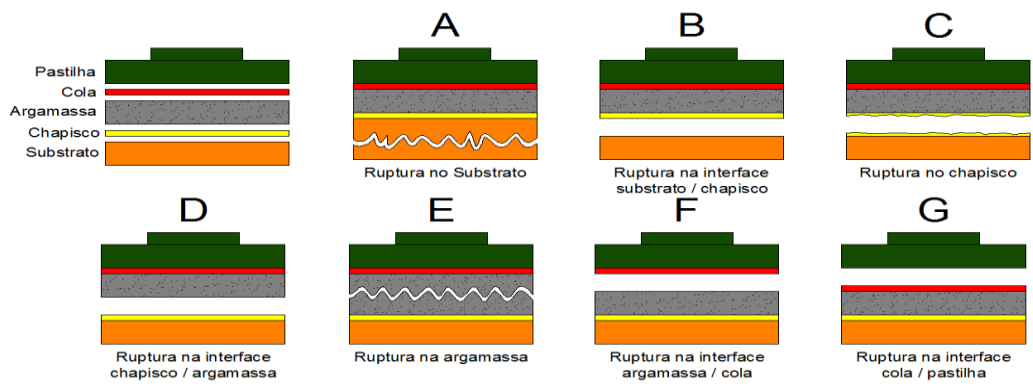


Figura 02: Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração.

3. FOTOS DO ENSAIO

Na Tabela 01, são apresentadas as fotos obtidas durante o ensaio das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 01 – Fotos do ensaio de aderência à tração – NBR 13528:2019

3. RESULTADOS

Na Tabela 02, são apresentados os resultados das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 02 – Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528:2019

Identificação (Obra)	Área Efetiva (mm ²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
25	1.924	50	0,03		100						41
26	1.924	50	0,03		100						34
27	1.924	50	0,03		100						32
28	1.924	50	0,03		100						32
29	1.924	50	0,03		100						35
30	1.924	50	0,03		100						32
31	1.924	50	0,03		100						33
32	1.924	50	0,03		100						36
33	1.924	50	0,03		100						27
34	1.924	50	> 0,03						100		24
35	1.924	50	0,03		100						30
36	1.924	50	0,03		100						29

·A ruptura predominante é do tipo (B) – presente em 11 corpos-de-prova válidos.

·Valores acima do limite:

0 Corpos-de-prova

·Resistência média (ruptura predominante):

0,03 MPa

·Resistência média da amostra:

0,03 MPa

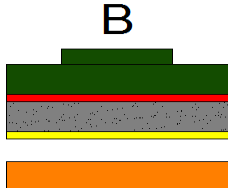
·Coeficiente de variação no ensaio:

0,00 %

·Limite NBR 13749:2013:

0,30 MPa

·Unidades no S I, sendo adotado 1,0 N ≈ 0,1 kgf.

Classificação	
B	 <p>Ruptura na interface substrato / chapisco</p>

OBS: Para a obtenção dos corpos de prova válidos, 9 foram descartados, devido à falta de aderência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A NBR 13749:2013 admite a espessura de 20 a 30mm para revestimento externo.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, com acabamento de pintura ou base para reboco, aos 28 (vinte e oito) dias, deve, em pelo menos oito dentre doze valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim 0 corpos-de-prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende a Norma.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - COM CHAPISCO

Local: **Lateral Esquerda - 10º Pavimento - Fachada Oeste**
Tipo de Revestimento: **Argamassado Externo**

Idade: **Mais de 50 anos**
Data do Ensaio: **06/10/2020**

1. NORMAS REFERENCIADAS

NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
NBR 13528:2019 Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
NBR 13749:2013 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação;

2. MATERIAIS E MÉTODOS

SUBSTRATO: Alvenaria de Vedação

CHAPISCO: Não informado

REVESTIMENTO: Não Informado

UMIDADE DO REVESTIMENTO: Amostra 1: 1,3%; Amostra 2: 1,3%; Amostra 3: 1,3% - Média: 1,3

ENSAIO:

Corpos-de-prova com seção circular de diâmetro médio aproximado de 50mm, preparados no dia do ensaio, conforme Figura 01 (a), cortados a seco com serra-copo diamantada acoplada na parafusadeira Dewalt, profundidade além da argamassa (penetração de aproximadamente 2mm no substrato). Colagem das pastilhas por meio de cola epóxi bi componente de secagem rápida (POXIPOL transparente 10min.). O equipamento de tração empregado é do tipo Digital (SOLOTEST 007), conforme esquema da Figura 01 (b), com taxa de carregamento aproximada de 50N/s. O equipamento está calibrado conforme o certificado 30306/20 de 19/06/2020 do Laboratório de Calibração Qualisul Metrologia. A equação para correção é $y=0,9983x$. O teor de umidade do revestimento foi verificado com o equipamento Testo 600.

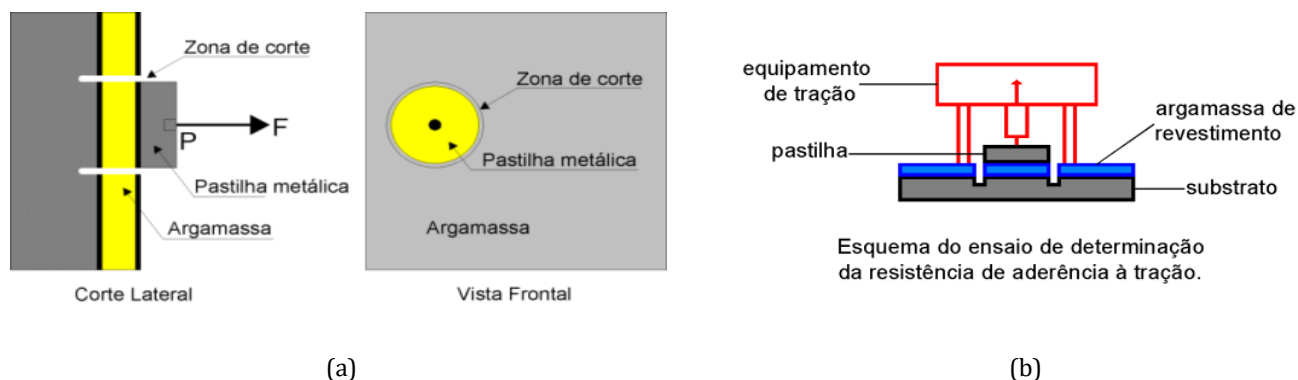


Figura 01: (a) Preparo dos corpos-de-prova para ensaio – seção circular; (b) Dispositivo de ensaio – equipamento mecânico de tração.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:

Ao se analisar os resultados obtidos no ensaio, tração por arrancamento, importante considerar as situações que podem ocorrer, sendo que a Figura 02 mostra as típicas formas de ruptura, que podem se apresentar.

1. No caso das rupturas na interface do chapisco/substrato (b) ou argamassa/chapisco (d), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
2. Quando a ruptura do corpo de prova não ocorre totalmente na interface revestimento/substrato (situações (a) – substrato, (c) – chapisco, (e) – camada de argamassa ou (f) – superficial), dizemos que o valor da resistência à tração não foi determinado e que a aderência do revestimento à base é maior do que o valor encontrado, portanto o resultado do ensaio será precedido pelo sinal > (maior).
3. O resultado deverá ser desprezado quando a ruptura ocorrer na interface cola/pastilha (g), pois indicaria imperfeições na colagem das mesmas.
4. Ocorrendo diferentes formas de ruptura, no mesmo corpo de prova, deve-se anotar a porcentagem aproximada da área de cada uma

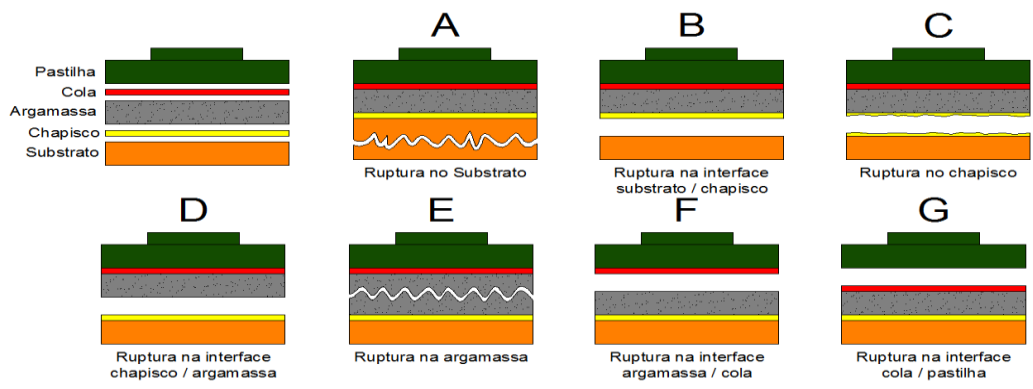
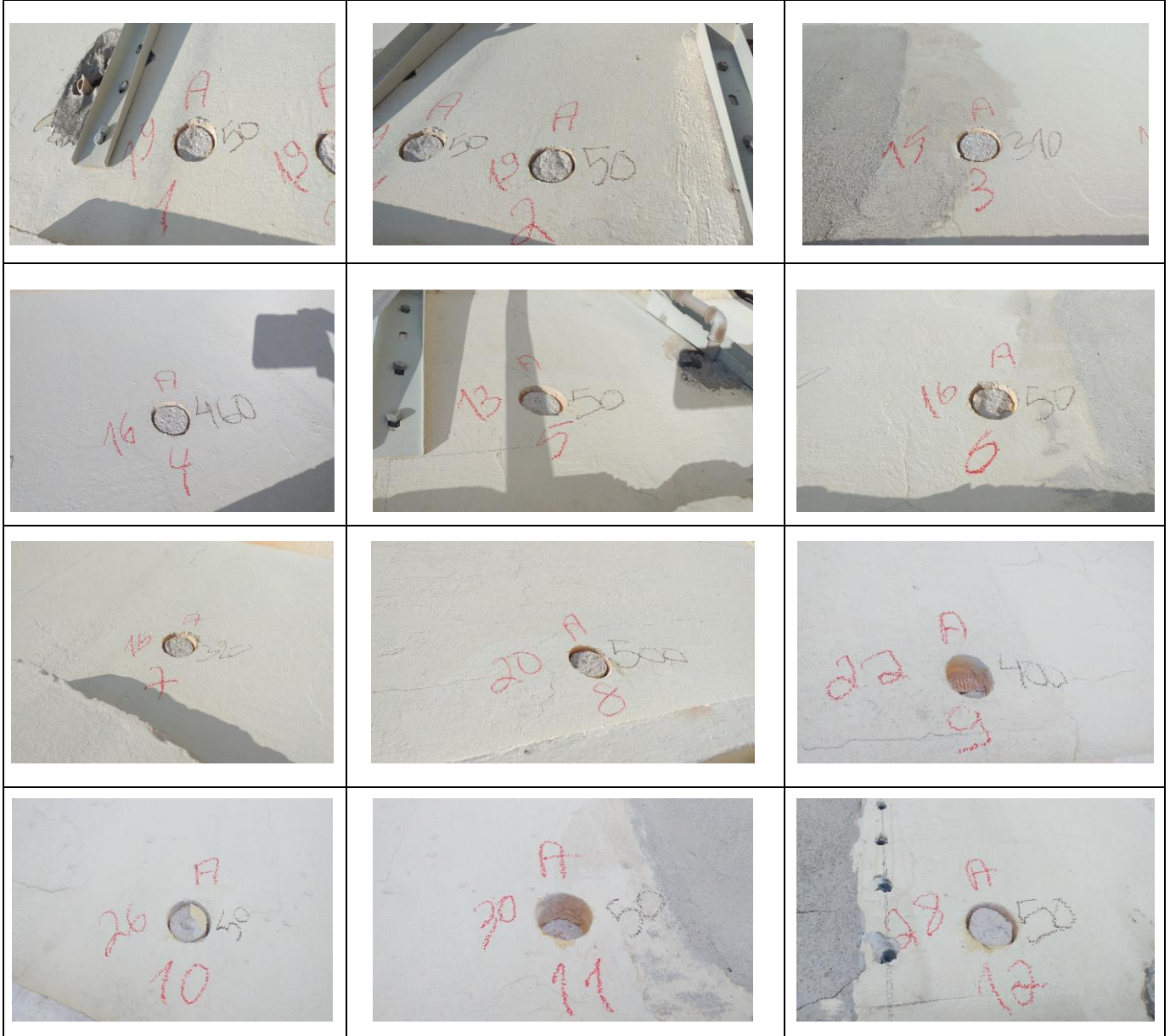


Figura 02: Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração.

3. FOTOS DO ENSAIO

Na Tabela 01, são apresentadas as fotos obtidas durante o ensaio das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 01 – Fotos do ensaio de aderência à tração – NBR 13528:2019



3. RESULTADOS

Na Tabela 02, são apresentados os resultados das determinações da resistência de aderência à tração, por arrancamento, descrita na página 1.

Tabela 02 – Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528:2019

Identificação (Obra)	Área Efetiva (mm ²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura (mm)
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
1	1.924	50	> 0,03					100			19
2	1.924	50	> 0,03					100			19
3	1.924	310	> 0,16						100		15
4	1.924	460	> 0,24						100		16
5	1.924	50	> 0,03					100			13
6	1.924	50	> 0,03					100			16
7	1.924	320	> 0,17					100			16
8	1.924	500	> 0,26					100			20
9	1.924	400	0,21		100						22
10	1.924	50	> 0,03					90	10		26
11	1.924	50	0,03		100						30
12	1.924	50	> 0,03					100			28

·A ruptura predominante é do tipo (E) – presente em 8 corpos-de-prova válidos.

·Valores acima do limite:

·Resistência média (ruptura predominante):

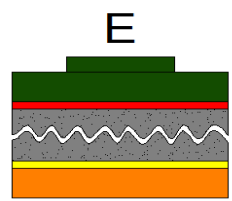
·Resistência média da amostra:

·Coeficiente de variação no ensaio:

·Limite NBR 13749:2013:

·Unidades no SI, sendo adotado 1,0 N ≈ 0,1 kgf.

0 Corpos-de-prova
> 0,07 MPa
0,10 MPa
91,41 %
0,30 MPa

Classificação	
E	 <p>Ruptura na argamassa</p>

OBS: Para a obtenção dos corpos de prova válidos, 2 foram descartados, devido à falta de aderência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A NBR 13749:2013 admite a espessura de 20 a 30mm para revestimento externo.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, com acabamento de pintura ou base para reboco, aos 28 (vinte e oito) dias, deve, em pelo menos oito dentre doze valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim 0 corpos-de-prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende a Norma.