



**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - Secretaria Nacional da  
Habitação  
Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)  
Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)**

# **Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos**



## **DIRETRIZ SINAT**

**Nº 015**

**Sistema de vedações verticais internas e externas sem  
função estrutural de painéis vazados de geopolímero**

Brasília, março de 2020

## SUMÁRIO

|         |                                                                                                                            |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | INTRODUÇÃO .....                                                                                                           | 5  |
| 1.1     | OBJETIVO.....                                                                                                              | 5  |
| 1.2     | COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS .....                                                                                | 6  |
| 1.2.1   | PAINÉIS COM ADIÇÃO DE EPS .....                                                                                            | 7  |
| 1.2.2   | PAINÉIS COM ADIÇÃO DE PÓ DE PNEU .....                                                                                     | 7  |
| 1.3     | RESTRIÇÕES DE USO.....                                                                                                     | 8  |
| 1.4     | CAMPO DE APLICAÇÃO.....                                                                                                    | 9  |
| 1.5     | TERMINOLOGIA .....                                                                                                         | 10 |
| 1.6     | DOCUMENTOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES .....                                                                                   | 12 |
| 2       | CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA.....                                                                                             | 16 |
| 2.1     | CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS VAZADOS DE GEOPOLÍMERO .....                                                                    | 16 |
| 2.2     | CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E DE FIXAÇÃO.....                                                              | 18 |
| 2.3     | OUTROS MATERIAIS E COMPONENTES.....                                                                                        | 18 |
| 2.3.1   | INDICAÇÃO DA LIGAÇÃO ENTRE PAINÉIS E ESTRUTURA .....                                                                       | 19 |
| 2.3.2   | ESQUADRIAS .....                                                                                                           | 20 |
| 2.3.3   | REVESTIMENTO .....                                                                                                         | 20 |
| 2.4     | PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO.....                                                                                              | 20 |
| 3       | REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....                                                                                  | 20 |
| 3.1     | DESEMPENHO ESTRUTURAL .....                                                                                                | 21 |
| 3.1.1   | RESISTÊNCIA ESTRUTURAL E ESTABILIDADE GLOBAL.....                                                                          | 21 |
| 3.1.2   | DEFORMAÇÕES OU ESTADOS DE FISSURAÇÃO.....                                                                                  | 21 |
| 3.1.3   | RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO MOLE .....                                                                                 | 22 |
| 3.1.4   | RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO DURO .....                                                                                 | 24 |
| 3.1.5   | SOLICITAÇÕES TRANSMITIDAS POR PORTAS PARA AS PAREDES .....                                                                 | 25 |
| 3.1.6   | SOLICITAÇÕES DE CARGAS DE PEÇAS SUSPENSAS ATUANTES NAS PAREDES .....                                                       | 26 |
| 3.2     | SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO.....                                                                                             | 27 |
| 3.2.1   | DIFICULTAR A OCORRÊNCIA DA INFLAMAÇÃO GENERALIZADA.....                                                                    | 28 |
| 3.2.2   | DIFICULTAR A PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO E PRESERVAR A ESTABILIDADE ESTRUTURAL DA EDIFICAÇÃO .....                              | 29 |
| 3.3     | ESTANQUEIDADE À ÁGUA .....                                                                                                 | 30 |
| 3.3.1   | ESTANQUEIDADE À ÁGUA DE CHUVA EM VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (FACHADAS).....                                               | 30 |
| 3.3.2   | ESTANQUEIDADE DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS COM INCIDÊNCIA DIRETA DE ÁGUA DE USO E LAVAGEM DOS AMBIENTES ..... | 31 |
| 3.4     | DESEMPENHO TÉRMICO .....                                                                                                   | 31 |
| 3.4.1   | CRITÉRIOS PARA O PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO .....                                                                           | 31 |
| 3.4.1.1 | EXIGÊNCIAS PARA AS PAREDES EXTERNAS DO EDIFÍCIO .....                                                                      | 32 |
| 3.4.2   | CRITÉRIOS PARA OS PROCEDIMENTOS DE SIMULAÇÃO.....                                                                          | 33 |
| 3.4.3   | PERÍODO DE CONDENSAÇÃO .....                                                                                               | 34 |
| 3.5     | DESEMPENHO ACÚSTICO .....                                                                                                  | 34 |
| 3.5.1   | ISOLAÇÃO SONORA PROMOVIDA PELOS ELEMENTOS DA FACHADA EM ENSAIO DE LABORATÓRIO                                              |    |
| - RW    | 34                                                                                                                         |    |

|         |                                                                                                                              |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.2   | ISOLAÇÃO SONORA ENTRE AMBIENTES PROMOVIDA PELAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS EM ENSAIO DE LABORATÓRIO - $R_w$ .....           | 35 |
| 3.5.3   | ISOLAÇÃO SONORA PROMOVIDA PELOS ELEMENTOS DA ENVOLTÓRIA – ENSAIO DE CAMPO – $D_{2M,NT,W}$ 36                                 |    |
| 3.5.4   | ISOLAÇÃO SONORA ENTRE AMBIENTES PROMOVIDA PELAS VEDAÇÕES INTERNAS EM ENSAIO DE CAMPO – $D_{NT,W}$ .....                      | 37 |
| 3.6     | DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE .....                                                                                        | 37 |
| 3.6.1   | VIDA ÚTIL DE PROJETO (VUP).....                                                                                              | 38 |
| 3.6.2   | PREMISSAS DE PROJETO.....                                                                                                    | 38 |
| 3.6.3   | RESISTÊNCIA A AÇÃO DE CALOR E CICLOS DE CHOQUE TÉRMICO.....                                                                  | 39 |
| 3.6.4   | RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS AOS PAINÉIS .....                                                                  | 39 |
| 3.6.5   | RESISTÊNCIA À CORROSÃO DE DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO .....                                                                      | 40 |
| 3.6.6   | RESISTÊNCIA AO CRESCIMENTO DE FUNGOS.....                                                                                    | 40 |
| 4       | MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....                                                                                                    | 41 |
| 4.1     | MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES.....                                                                | 41 |
| 4.2     | MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....                                                           | 44 |
| 4.2.1   | DESEMPENHO ESTRUTURAL .....                                                                                                  | 44 |
| 4.2.1.1 | ESTABILIDADE E RESISTÊNCIA ESTRUTURAL – ESTADO LIMITE ÚLTIMO .....                                                           | 44 |
| 4.2.1.2 | DESLOCAMENTOS, FISSURA E OCORRÊNCIAS DE FALHAS – ESTADO LIMITE DE SERVIÇO .....                                              | 44 |
| 4.2.1.3 | RESISTÊNCIA ÀS SOLICITAÇÕES DE CARGAS DE PEÇAS SUSPENSAS ATUANTES NAS PAREDES ...                                            | 45 |
| 4.2.1.4 | RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO MOLE PARA SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNO E INTERNO.....                                | 45 |
| 4.2.1.5 | RESISTÊNCIA A IMPACTO DE CORPO DURO .....                                                                                    | 45 |
| 4.2.1.6 | SOLICITAÇÕES TRANSMITIDAS POR PORTAS .....                                                                                   | 45 |
| 4.2.1.7 | CARGAS DE OCUPAÇÃO INCIDENTES EM GUARDA-CORPOS E PARAPEITOS DE JANELAS .....                                                 | 45 |
| 4.2.2   | SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO .....                                                                                              | 46 |
| 4.2.2.1 | RESISTÊNCIA AO FOGO.....                                                                                                     | 46 |
| 4.2.2.2 | REAÇÃO AO FOGO.....                                                                                                          | 46 |
| 4.2.2.3 | ENSAIO DE DENSIDADE ÓPTICA.....                                                                                              | 46 |
| 4.2.3   | ESTANQUEIDADE À ÁGUA .....                                                                                                   | 46 |
| 4.2.3.1 | ESTANQUEIDADE À ÁGUA DE CHUVA, CONSIDERANDO-SE À AÇÃO DOS VENTOS, EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (FACHADA) ..... | 46 |
| 4.2.3.2 | ESTANQUEIDADE DE SVVIE COM INCIDÊNCIA DIRETA DE ÁGUA – ÁREAS MOLHADAS .....                                                  | 47 |
| 4.2.3.3 | ESTANQUEIDADE DE SVVIE COM INCIDÊNCIA DIRETA DE ÁGUA DE USO E LAVAGEM DOS AMBIENTES.....                                     | 47 |
| 4.2.3.4 | ESTANQUEIDADE DE JUNTAS (ENCONTROS) ENTRE SVVIE E ENTRE SVVIE E SISTEMAS DE PISO.....                                        | 47 |
| 4.2.4   | DESEMPENHO TÉRMICO .....                                                                                                     | 47 |
| 4.2.4.1 | PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO .....                                                                                              | 48 |
| 4.2.4.2 | PROCEDIMENTOS DE SIMULAÇÃO.....                                                                                              | 48 |
| 4.2.4.3 | AVALIAÇÃO DA ÁREA MÍNIMA DE ABERTURA DE VENTILAÇÃO .....                                                                     | 49 |
| 4.2.4.4 | DESEMPENHO HIGROTÉRMICO.....                                                                                                 | 49 |
| 4.2.5   | DESEMPENHO ACÚSTICO .....                                                                                                    | 49 |
| 4.2.5.1 | ISOLAÇÃO SONORA DE PAREDES INTERNAS E EXTERNAS - ENSAIO DE LABORATÓRIO – $R_w$ .....                                         | 49 |

|         |                                                                                                          |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.5.2 | ISOLAÇÃO SONORA PROMOVIDA PELOS ELEMENTOS DA ENVOLTÓRIA – ENSAIO DE CAMPO – D <sub>2M</sub> , NT, W      | 49 |
| 4.2.5.3 | ISOLAÇÃO SONORA ENTRE AMBIENTES PROMOVIDA PELAS PAREDES INTERNAS - ENSAIO DE CAMPO – D <sub>NT</sub> , W | 49 |
| 4.2.6   | DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE                                                                          | 49 |
| 4.2.6.1 | VIDA ÚTIL DE PROJETO DOS ELEMENTOS                                                                       | 49 |
| 4.2.6.2 | ESTANQUEIDADE ANTES E APÓS AOS CICLOS DE CALOR E DE CHOQUE TÉRMICO                                       | 50 |
| 4.2.6.3 | RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA ANTES E APÓS AOS CICLOS DE CALOR E DE CHOQUE TÉRMICO                            | 50 |
| 5       | ANÁLISE GLOBAL DO DESEMPENHO DO PRODUTO                                                                  | 50 |
| 6       | CONTROLE DA QUALIDADE                                                                                    | 50 |
| 6.1     | CONTROLE NA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS EM FÁBRICA                                                              | 51 |
| 6.2     | CONTROLE DA MONTAGEM EM CANTEIRO DE OBRAS                                                                | 53 |
|         | ANEXO A – PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS – AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS                                            | 55 |
|         | A. AMOSTRAGEM                                                                                            | 56 |
|         | ANEXO B – PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS – DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS                          | 57 |
|         | B. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS                                                          | 58 |
|         | B.1 Instrumentos necessários                                                                             | 58 |
|         | B.2 Determinação das dimensões dos painéis                                                               | 58 |
|         | B.2.1 Procedimento                                                                                       | 58 |
|         | B.2.2 Expressão dos resultados                                                                           | 58 |
|         | B.3 Determinação da espessura dos septos e das paredes dos painéis                                       | 59 |
|         | B.3.1 Procedimento                                                                                       | 59 |
|         | B.3.2 Expressão dos resultados                                                                           | 59 |
|         | B.4 Determinação da largura e da altura dos alvéolos                                                     | 59 |
|         | B.4.1 Procedimento                                                                                       | 59 |
|         | B.4.2 Expressão dos resultados                                                                           | 60 |
|         | B.5 Determinação do desvio de planeza das faces                                                          | 60 |
|         | B.5.1 Procedimento                                                                                       | 60 |
|         | B.5.2 Expressão dos resultados                                                                           | 60 |
|         | B.6 Determinação do desvio em relação ao esquadro (D)                                                    | 60 |
|         | B.6.1 Procedimento                                                                                       | 60 |
|         | B.6.2 Expressão dos resultados                                                                           | 61 |
|         | ANEXO C – PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO                              | 62 |
|         | C. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ( $\sigma_c$ )                                               | 63 |
|         | C.1 Aparentagem                                                                                          | 63 |
|         | C.2 Preparação dos corpos de prova                                                                       | 63 |
|         | C.3 Determinação da área bruta (A <sub>b</sub> )                                                         | 63 |
|         | C.4 Procedimento                                                                                         | 64 |
|         | C.5 Determinação da resistência à compressão                                                             | 64 |
|         | C.6 Expressão dos resultados                                                                             | 65 |
|         | ANEXO D – PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO                                  | 66 |
|         | D. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO COM DOIS APOIOS ( $\sigma_f$ )                                   | 67 |
|         | D.1 Aparentagem                                                                                          | 67 |
|         | D.2 Preparação dos corpos de prova                                                                       | 67 |
|         | D.3 Procedimento                                                                                         | 68 |
|         | D.4 Determinação da resistência à flexão                                                                 | 68 |
|         | D.5 Expressão dos resultados                                                                             | 69 |
|         | ANEXO E – PAINÉIS GEOPOLIMÉRICOS – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA E DENSIDADE APARENTE        | 70 |
|         | E. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA E DENSIDADE APARENTE                                        | 71 |
|         | E.1 Equipamentos necessários                                                                             | 71 |
|         | E.2 Determinação da massa seca (m <sub>s</sub> ):                                                        | 71 |
|         | E.2.1 Procedimento                                                                                       | 71 |
|         | E.3 Determinação da massa saturada (m <sub>u</sub> ) e massa imersa (m <sub>i</sub> ):                   | 71 |
|         | E.3.1 Procedimento                                                                                       | 71 |

*E.4 Determinação do índice de absorção d'água (AA).....71*  
*E.5 Determinação da densidade aparente  $\gamma_{ap}$ .....72*  
*E.6 Expressão dos resultados.....72*

## Sistema de vedações verticais internas e externas sem função estrutural de painéis vazados de geopolímero

### 1 Introdução

#### 1.1 Objetivo

O objetivo desta diretriz é abordar o sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) sem função estrutural, constituído por painéis vazados de geopolímero, para unidades habitacionais unifamiliares isoladas e/ou geminadas, casas sobrepostas e unidades habitacionais multifamiliares, de até 5 pavimentos.

O SVVIE objeto desta diretriz, é construído por painéis vazados de geopolímero intertravados e unidos entre si com aplicação de argamassa cimentícia convencional, em todas as arestas, conforme exemplifica a Figura 1. No caso de vedações nas quais os vãos são iguais ou inferiores a 3300 mm, um painel pode cobrir a área correspondente a uma fiada da vedação vertical, onde as juntas ficam apenas na horizontal, conforme ilustra a Figura 2.

Os painéis vazados de geopolímero, objeto desta Diretriz SINAT (Figura 3), são produzidos por processo de extrusão, com a inclusão de adições em sua composição, como pó da borracha de pneu ou de poliestireno expandido (EPS). A seção transversal vazada destes painéis possui largura (L) compreendida entre 80 a 120 mm, altura (H) com aproximadamente 350 mm e comprimento (C) máximo de 3300 mm, visando evitar esforços de flexão significativos durante o transporte.

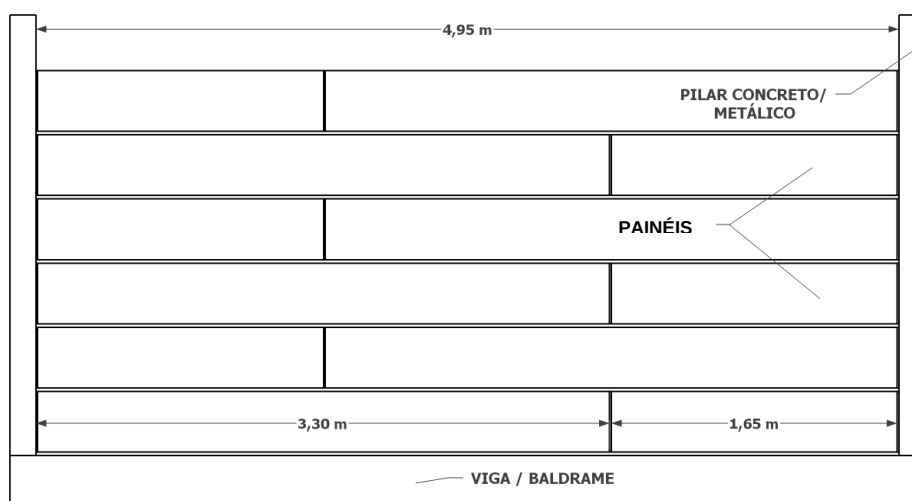
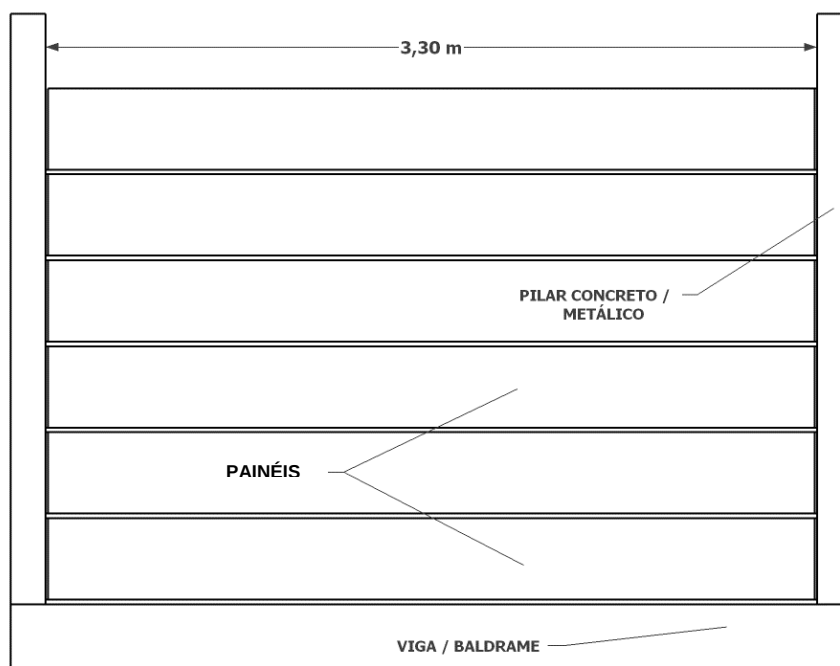
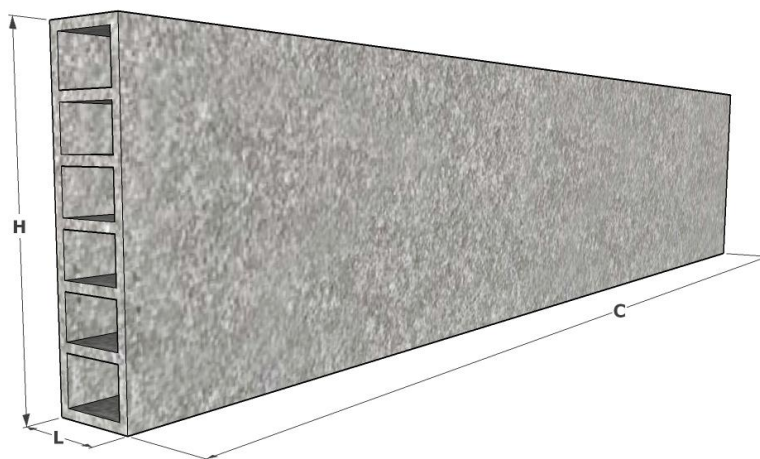


Figura 1 – Exemplo de vedação com painéis vazados geopoliméricos.



**Figura 2 – Vão máximo, por fiada, coberto por um painel vazado de geopolímero.**



**Figura 3 - Exemplo de painel vazado de geopolímero.**

## **1.2 Composição dos painéis geopoliméricos**

Os painéis de geopolímero foco desta Diretriz devem possuir as características de sua composição mínima conforme faixas orientativas especificadas a seguir:

### **1.2.1 Painéis com adição de EPS**

- Alumínio Silicato (argila): 35% - 55%;
- Adição Mineral: 35% - 55%;
- Cal hidratada: 3,0% - 12,0%;
- Fibra de polipropileno (pp): 0,5% - 1,5%;
- NAOH (hidróxido de sódio) com concentração de 24%: 2,0% - 7,0%;
- Pérola de EPS (isopor): a porcentagem máxima a ser utilizada deve ser definida pela caracterização referente aos ensaios de resistência e reação ao fogo, conforme Item 3.2.

### **1.2.2 Painéis com adição de Pó de Pneu**

- Alumínio Silicato (argila): 40% - 60%;
- Adição Mineral: 15% - 35%;
- Cal hidratada: 3,0% - 12,0%;
- Fibra de polipropileno (pp): 0,5% - 1,5%;
- NAOH (hidróxido de sódio) com concentração de 30%: 2,0% - 7,0%;
- Pó da borracha de Pneu: a porcentagem máxima a ser utilizada deve ser definida pela caracterização referente aos ensaios de resistência e reação ao fogo, conforme Item 3.2.

Nos respectivos DATec's os materiais constituintes dos painéis devem ser caracterizados e definidas as periodicidades de controle. Para o pó da borracha de pneu, caso exista a possibilidade de contaminação no local de origem (reciclagem), devem ser classificados conforme sua característica química de acordo com a ABNT NBR 10.004.

### 1.3 Restrições de uso

Este documento não se aplica à construção de vedações verticais com função estrutural ou sem função estrutural de unidades habitacionais multifamiliares acima de 5 pavimentos.

Os painéis vazados de geopolímero de vedação vertical, objeto desta Diretriz, não se aplicam a lajes, pisos, sistemas de cobertura, fundações, muros de contenção, reservatórios e paredes estruturais.

É vedado o uso de dispositivos ou componentes de fixação sujeitos à oxidação em contato direto com os painéis geopoliméricos, sem o tratamento adequado.

Tubulações de gás e hidrossanitárias devem ser posicionadas externamente às paredes ou em shafts específicos e também devem ser consideradas nos DATec's e no manual de uso e manutenção entregue ao usuário.

Nas interfaces da alvenaria com o piso nas paredes de áreas molháveis e molhadas, deve ser realizada a impermeabilização ou proteção contra a ação da água.

O acabamento final, que pode ser um sistema de pintura, textura, revestimento cerâmico ou pétreo, entre outros, não é objeto dessa diretriz, porém nos DATec's específicos, precisam ser avaliados com relação às interações com os painéis.

É vedado o uso de qualquer revestimento com solvente em sua composição em contato direto com o painel geopolimérico.

A alvenaria de vedação vertical, objeto desta diretriz, não tem função estrutural e, portanto, não pode ser dimensionada para absorver carregamentos da estrutura, tão pouco ter função de contraventamento.

A alvenaria de vedação vertical, objeto desta diretriz, não se aplica à execução de guarda-corpos em terraços, coberturas, etc. Outras restrições, quando houver, devem ser registradas nos Documentos de Avaliação Técnica – DATec.

Para os projetos com sistemas de paredes de vedação com painéis geopoliméricos deve-se fazer uma análise do potencial de surgimento de problemas de umidade, em razão, dentre outros, da condensação de umidade interna às unidades. Assim, o DATEC deve mostrar uma análise de projeto tipo e, para cada empreendimento, essa análise deve ser feita, considerando ao menos os aspectos a seguir listados:

- Implantação das unidades (posição em relação ao Norte), ou, em caso dessa não estar previamente definida, as mesmas estabelecidas no item A.1.3-b do Anexo A da ABNT NBR 15575-1 (2013);
- Dados climáticos do local de implantação do empreendimento;
- Topografia do terreno e seu impacto sobre a incidência de vento (coeficiente de pressão da ABNT NBR 6123);

- Projeto de arquitetura (dimensões em planta dos cômodos, dimensões dos caixilhos –área de ventilação, ático ventilado ou não, e pé-direito);
- Possibilidade de renovação de ar pela existência de ventilação cruzada;
- Abertura de ventilação adequada, principalmente em banheiro e cozinha (sem exigência da ABNT NBR 15575);
- Desempenho de um sistema construtivo convencional nas mesmas condições.

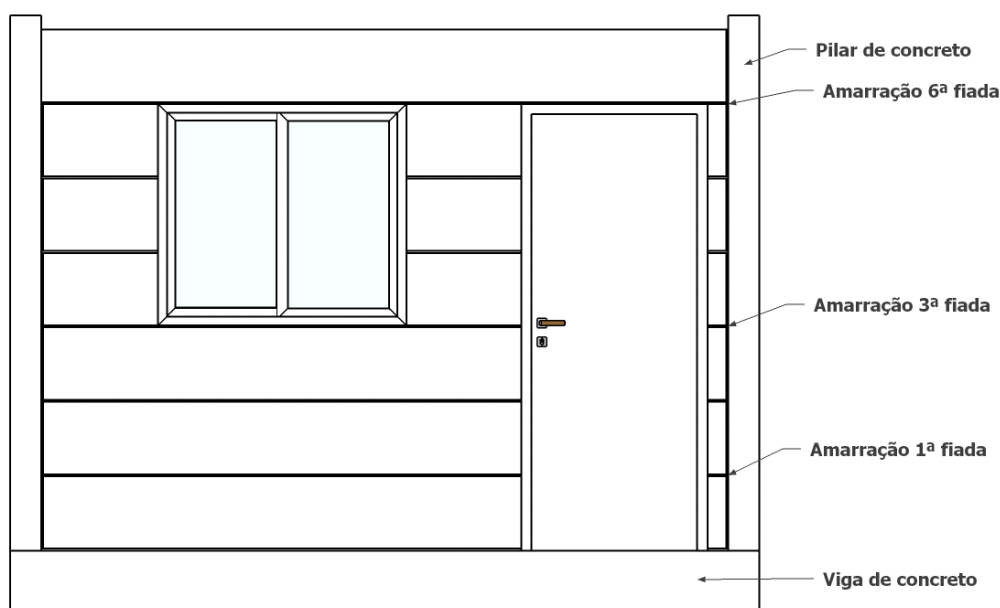
## 1.4 Campo de aplicação

Esta diretriz contém as condições – requisitos, critérios e ensaios – para avaliação de sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE), sem função estrutural, formado por painéis vazados geopoliméricos para unidades habitacionais unifamiliares isoladas e/ou geminadas, casas sobrepostas e unidades habitacionais multifamiliares de até 5 pavimentos.

Os painéis vazados de geopolímero devem ser assentados com camada de solidarização, constituída por argamassa cimentícia, classificada conforme a ABNT NBR 13281, sendo que a espessura das juntas de assentamento devem ser de no mínimo 10 mm e no máximo 20 mm.

As interfaces entre subsistemas convencionais e inovadores devem ser consideradas e detalhadas nos projetos e DATec's específicos, tais como detalhes de juntas entre painéis de vedação e a estrutura, vínculos com a fundação, interface de painéis e piso, ligações com a cobertura, detalhes de fixação com esquadrias, entre outros.

Deve ser considerada na análise do projeto a interação com a estrutura, sendo previsto o travamento por meio de elementos de amarração (véu de poliéster ou tela de aço), posicionados pelo menos na primeira, terceira e sexta fiadas, sendo as duas últimas geralmente correspondentes às posições das vergas e contra vergas das esquadrias (como ilustra a Figura 4). Devem ser previstos em projeto a execução de vergas e contravergas, que podem ser executadas com o preenchimento prévio dos alvéolos imediatamente em contato com as esquadrias, utilizando para isso argamassa ou concreto especificados nos DATec's, com o intuito de evitar que eventuais esforços acidentais sejam transmitidos a vedação de painéis geopoliméricos. Tais tratamentos devem estar especificados nos DATec's baseados nesta Diretriz, como sistemas adequados de juntas de movimentação.



**Figura 4 – Exemplo da disposição dos painéis em relação às esquadrias.**

Os subsistemas convencionais, como os pisos, cobertura e as instalações hidráulicas e elétricas não são objeto desta Diretriz. Apenas no quesito relativo ao desempenho térmico é feita menção à cobertura.

## 1.5 Terminologia

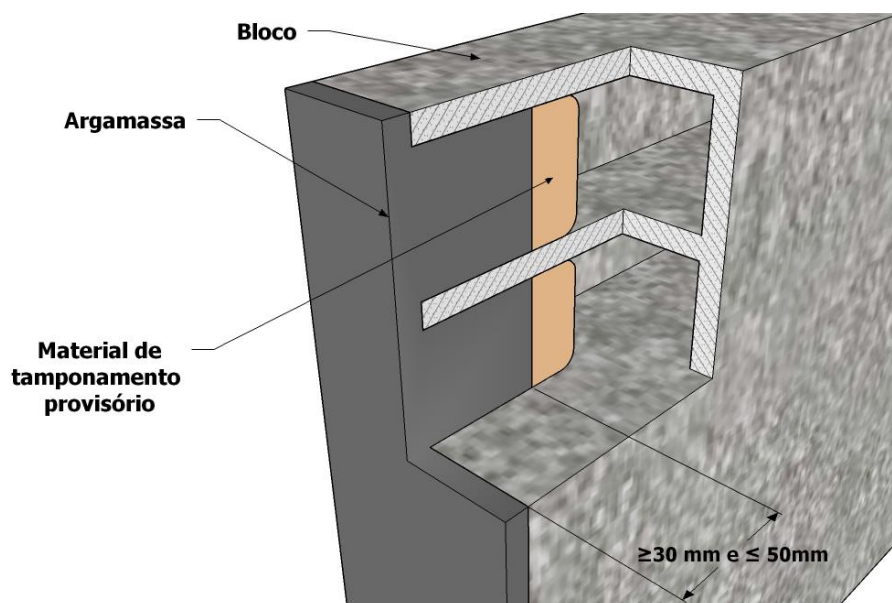
Para efeito desta Diretriz valem as definições constantes da ABNT NBR 15575, e nos demais documentos técnicos complementares. Tratam-se de definições específicas, ou importantes, dessa Diretriz:

**Argamassa:** Mistura homogênea composta de cimento Portland, agregado miúdo (diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm) e água, conforme a ABNT NBR 13281. Podem eventualmente conter adições e aditivos que melhorem algumas de suas propriedades, como consistência, teor de ar incorporado, permeabilidade, módulo de elasticidade entre outros;

**Painéis vazados de geopolímero:** componentes vazados de comprimentos de até 3300 mm produzidos por meio da mistura de silicatos de alumínio, filler, hidróxido de cálcio, fibras de polipropileno, catalisadores, pó de borracha ou pérolas de EPS, com posterior extrusão, pré-secagem, polimerização, corte e regularização superficial das faces;

**Painel vazado:** Utilizado para a execução de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75 % da área bruta;

**Encabeçamento dos painéis:** Tamponamento prévio realizado a uma distância entre 30 e 50 mm da face dos painéis para o interior dos alvéolos, fazendo uso de materiais para o tamponamento provisório, como placas de isopor, madeira, cortiça, etc. Possibilitando o preenchimento com argamassa cimentícia conforme Figura 5;



**Figura 5 - Detalhe do encabeçamento dos painéis**

**Geopolímeros:** São polímeros inorgânicos cuja obtenção se dá pela polimerização de matérias primas naturais de origem geológica contendo silicato de alumínio. O processo de polimerização envolve a reação química sob condições alcalinas dos minerais (Al e Si), produzindo a ligação polimérica poli-sílico-aluminatos;

**Parede de vedação:** toda parede não admitida no projeto como suporte de outras cargas, além do seu peso próprio (NBR 14974-2);

**Parede de contraventamento:** toda parede estrutural admitida no projeto para absorver forças horizontais provenientes de ações externas e/ou defeitos de 2ª ordem (NBR 14974-2);

**Pó de borracha de pneu:** Material reciclado oriundo da trituração de pneus, isentos de fios de aço, extraídos por meio de eletroímãs no processo de reciclagem. Podendo ser utilizados como adições na produção dos painéis, em forma de finas lascas ou em pó;

**Pérolas de poliestireno expandido (EPS):** Pérolas de EPS são produzidas pela polimerização do estireno em água. Podendo ser utilizados como adições na produção dos painéis;

**Verga e contra verga:** componente estrutural colocado sobre ou sob os vãos de aberturas das paredes, com a finalidade de transmitir esforços verticais aos trechos de parede adjacente às aberturas.

## **1.6 Documentos técnicos complementares**

A seguir listam-se as normas técnicas referenciadas no decorrer desta Diretriz.

### Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão;

ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento;

ABNT NBR 6123:2013 - Forças devidas ao vento em edificações;

ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;

ABNT NBR 8094:1983 - Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina – Método de ensaio;

ABNT NBR 9442:1986 - Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante;

ABNT NBR 9575:2010 - Impermeabilização - Seleção e projeto;

ABNT NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos – Classificação;

ABNT NBR 10636:1989 - Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio;

ABNT NBR 11675:2016- Divisórias leves internas moduladas - Verificação da resistência aos impactos;

ABNT NBR 13276:2016 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência;

ABNT NBR 13277:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água;

ABNT NBR 13278:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado;

ABNT NBR 13279:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão;

ABNT NBR 13281:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;

ABNT NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração;

ABNT NBR 14037:2011- Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos;

ABNT NBR 14432:2001- Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;

ABNT NBR 14913:2011- Fechadura de embutir – Requisitos, classificação e métodos de ensaio;

ABNT NBR 14956-2: 2013 - Blocos de concreto celular autoclavado — Execução de alvenaria sem função estrutural - Parte 2: Procedimento com argamassa convencional

ABNT NBR 14974-2:2003 – Bloco sílico-calcário para alvenaria – Parte 2: Procedimentos para execução de alvenaria.

ABNT NBR15220-1:2005 - Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

ABNT NBR15220-2:2005 - Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

ABNT NBR 15220-3:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

ABNT NBR 15258:2005 - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração;

ABNT NBR 15259:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade;

ABNT NBR15575-1:2013 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho-Parte1: Requisitos gerais;

ABNT NBR15575-2:2013 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho –Parte 2: Requisitos para os sistemas e estruturais;

ABNT NBR15575-4:2013 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho-Parte4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;

ABNT NBR15575-5:2013 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho-Parte5: Requisitos para sistemas de coberturas;

ABNT NBR 15577:2018 – Parte de 1 a 7 - Agregados - Reatividade álcali-agregado

ABNT NBR 15930-2:2018 - Portas de madeira para edificações: Parte 2: Requisitos;

ABNT NBR 16522:2016 – Alvenaria de blocos de concreto – Métodos de Ensaio

NBR ISO 16283-1:2018 - Acústica - Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 1: Isolamento a ruído aéreo;

ABNT NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem;

ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica;

ABNT NBR NM - ISO 7500-1:2004 - Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial. Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/ compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força;

ABNT NBR 10821-1:2017 - Esquadrias para edificações - Parte 1: Esquadrias externas e internas - Terminologia;

ABNT NBR 10821-2:2017 - Esquadrias para edificações - Parte 2: Esquadrias externas - Requisitos e classificação;

ABNT NBR 10821-3:2017 - Esquadrias para edificações - Parte 3: Esquadrias externas e internas - Métodos de ensaio;

ABNT NBR 10821-4:2017 - Esquadrias para edificações - Parte 4: Esquadrias externas - Requisitos adicionais de desempenho;

ABNT NBR 10821-5:2017 - Esquadrias para edificações - Parte 5: Esquadrias externas - Instalação e manutenção;

ABNT NBR 14718:2019 - Esquadrias — Guarda-corpos para edificação — Requisitos, procedimentos e métodos de ensaio.

#### International Organization Standardization (ISO)

ISO 1182:2010 - Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test;

ISO 4628:2016 Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance.

ISO 10140-1:2016 - Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 1: Application rules for specific products;

ISO 10140-2:2010 - Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation;

ISO 16283-1:2014 - Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation;

ISO 16283-3:2016 - Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Façade sound insulation.

#### American Society for Testing Materials (ASTM)

ASTM B117:2016 – Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus;

ASTM E662:2017 - Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials;

ASTM G155:2013 - Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials;

ASTM G154-16 Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials;

Normas europeias (EN)

EN ISO 9001:2015 - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.

Outras referências

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO: 2001- Instrução Técnica – IT nº 10/11.  
Controle de materiais de acabamento e revestimento.

Caso os documentos aqui referenciados sejam atualizados, passa a ser válida sua versão mais atualizada.

## 2 Caracterização do sistema

O DATec elaborado para o sistema de vedação vertical interna e externa não estrutural com base nessa Diretriz, deve indicar e caracterizar os tipos de componentes e materiais a serem utilizados na construção das vedações, de maneira a definir os dispositivos de juntas de movimentação, tipos de ligações entre painéis, esquadrias, vergas, contravergas, subsistemas de impermeabilização de áreas molhadas e demais interfaces de interesse.

### 2.1 Caracterização dos painéis vazados de geopolímero

As principais características dos painéis vazados de geopolímero, objeto desta Diretriz, devem constar em projetos e ser objeto de ensaios e análise conforme descritos no Quadro 1 e no Quadro 2.

**Quadro 1 - Caracterização dos constituintes dos painéis.**

| Item | Material               | Requisito                                   | Indicador de conformidade                                    |
|------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| A.1  | Alumínio Silicato      | Caracterização por fluorescência de raios-X | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico |
| A.2  | Pó de granito          | Granulometria                               | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico |
|      |                        | Material pulverulento                       | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico |
|      |                        | Reatividade álcali-agregado                 | Material caracterizado inócuo                                |
| A.3  | Pó borracha de pneu    | Granulometria                               | Passante na peneira # 2 mm                                   |
| A.4  | Pérola de EPS          | Granulometria                               | Diâmetro de 0,5 mm a 1,25 mm                                 |
| A.5  | Fibra de polipropileno | Comprimento                                 | De 8 mm a 20 mm                                              |

**Quadro 2 - Caracterização dos painéis vazados de geopolímero**

| Item        | Requisitos                                                                     | Indicador de conformidade                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B.1</b>  | Características geométricas (altura, comprimento, largura, planeza e esquadro) | Desvios máximos de $\pm 5$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos.                                                                                                                                                                 |
| <b>B.2</b>  | Espessura das paredes do painel                                                | Desvios máximos de $\pm 2,5$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos.                                                                                                                                                               |
| <b>B.3</b>  | Densidade aparente                                                             | 1000 a 1800 kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>B.4</b>  | Resistência à compressão                                                       | $\geq 1,0$ MPa                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>B.5</b>  | Resistência à flexão, considerando dois apoios                                 | $\geq 1,4$ MPa                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>B.6</b>  | Índice de absorção de água                                                     | $8\% \leq \text{absorção} \leq 22\%$                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>B.7</b>  | Reação ao fogo                                                                 | Classificado como I ou II – A (conforme Quadro 10)                                                                                                                                                                                                   |
| <b>B.8</b>  | Resistência após ciclos de imersão e secagem                                   | A razão entre a resistência à tração na flexão após envelhecimento (ciclos de imersão em água e secagem) e a resistência inicial deve ser superior a 0,70.<br>( $R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$ )                      |
| <b>B.9</b>  | Resistência ao envelhecimento em água quente                                   | A razão entre a resistência à tração na flexão após a imersão em água quente e a resistência inicial deve ser superior a 0,70.<br>( $R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$ )                                                  |
| <b>B.10</b> | Resistência aos raios ultravioletas (radiação UV-B – 2000 horas)               | A razão entre a resistência à tração na flexão após o envelhecimento de 2000 horas em câmara de CUV-B e a resistência inicial deve ser superior a 0,70.<br>( $R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$ )                         |
| <b>B.11</b> | Envelhecimento acelerado por Weather-Ometer (WOM - 1000 horas)                 | A razão entre a resistência à tração na flexão após o envelhecimento de 1000 horas em câmara de intemperismo artificial (WOM) e a resistência inicial deve ser superior a 0,70.<br>( $R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$ ) |
| <b>B.12</b> | Condutividade Térmica                                                          | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico                                                                                                                                                                                         |
|             | Resistência Térmica                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 2.2 Caracterização da argamassa de assentamento e de fixação

As principais características da argamassa de assentamento para alvenaria de painéis vazados de geopolímero devem constar em projetos e ser objeto de ensaios e análise conforme

Quadro 3. Outros materiais diferentes dos que constam no Quadro 4 podem ser empregados desde que sejam caracterizados e avaliados nos respectivos DATec's.

**Quadro 3 – Propriedades da Argamassa de Assentamento**

| Propriedade                                                    | Método de Ensaio | Recomendação                                  |
|----------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| Módulo de Deformação (estado endurecido)                       | NBR 15630:09     | $\leq 4,0$ GPa                                |
| Resistência à compressão axial aos 28 dias (estado endurecido) | NBR 13279:05     | Classe P1 segundo a NBR 13281 ( $\leq 2$ MPa) |
| Teor de ar incorporado (estado fresco)                         | NBR 13278:05     | $\leq 18\%$                                   |
| Capacidade de Retenção de Água (estado fresco)                 | NBR 13277:05     | $\geq 80\%$                                   |

## 2.3 Outros materiais e componentes

Devem ser realizados ensaios de caracterização, segundo normas técnicas ou procedimentos específicos e pertinentes, para outros materiais que forem utilizados, tais como: Telas de poliéster, telas metálicas e demais componentes para fixações, conforme apresentado no Quadro 4.

#### Quadro 4 – Propriedades do Vêu de Poliéster, tela de aço e componentes de fixação

| <b>Vêu de Poliéster ou não-tecido de poliéster</b>                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Resistência à tração</b>                                                                                                                   | Informação que deve constar do DATEC específico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Determinação da massa por unidade de área</b>                                                                                              | Informação que deve constar do DATEC específico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Determinação da espessura de superfícies têxteis</b>                                                                                       | Informação que deve constar do DATEC específico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Tela de Aço</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Especificação das telas de aço (tipo, diâmetro, quantidade etc)</b>                                                                        | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico, sendo que as telas soldadas devem atender à ABNT NBR 7481                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Resistência ao escoamento</b>                                                                                                              | Informação que deve constar do DATEC específico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Proteção contra-corrosão (tipo, espessura etc)</b>                                                                                         | Deve-se atender às especificações das normas pertinentes conforme o tipo de tela utilizada. Informação que deve constar do DATEC específico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Componentes de fixação (pregos, parafusos, chumbadores, entre outros)</b>                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Descrição/ tipo e uso</b>                                                                                                                  | Informação que deve constar no projeto e no DATEC específico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Proteção contra-corrosão / Tipo e espessura do revestimento</b>                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Resistência à corrosão (Tempo mínimo para aparecimento de corrosão vermelha no material base quando exposto em câmara de névoa salina)</b> | <p>Componentes de fixação utilizados em áreas internas secas, áreas internas molhadas ou molháveis e áreas externas de ambientes rurais: 240 horas;</p> <p>Componentes de fixação utilizados em áreas internas secas, áreas internas molhadas ou molháveis e áreas externas de ambientes urbanos: 480 horas;</p> <p>Componentes de fixação utilizados em áreas internas secas, áreas internas molhadas ou molháveis e áreas externas de ambientes marinhos: 720 horas</p> |

### 2.3.1 Indicação da ligação entre painéis e estrutura

Identificar a forma de fixação na interface entre o painel e a estrutura, complementando com desenho esquemático e análises de desempenho do tratamento dessas interfaces.

## **2.3.2 Esquadrias**

As esquadrias, portas e janelas, devem ter seu conjunto fixado segundo procedimentos dos fabricantes, de forma a atender às respectivas normas prescritivas, ABNT NBR 10821 e ABNT NBR 15930, e aos requisitos pertinentes prescritos na NBR 15575-4.

O DATec deve especificar as características técnicas das esquadrias bem como os procedimentos e materiais utilizados para montagem, fixação e vedação da interface entre as paredes e as esquadrias.

## **2.3.3 Revestimento**

O proponente da tecnologia precisa informar, em projeto e em documentos técnicos pertinentes, quais são os acabamentos finais admitidos pelo SVVE, bem como apresentar as suas respectivas características técnicas, considerando ensaios de resistência de aderência de revestimentos ( $\geq 0,3$  MPa, ABNT NBR 13281:2005) e análise de compatibilidade química entre o painel vazado de geopolímero e os acabamentos finais propostos.

Os painéis de geopolímero podem receber em fábrica uma camada superficial de acabamento de base cimentícia (em torno de 2 mm de espessura), que facilita a utilização de revestimentos convencionais e contribui quanto a durabilidade frente à agentes agressivos.

Os revestimentos devem ser avaliados e ensaiados conforme as normas técnicas ou Diretrizes SINAT específicas.

## **2.4 Procedimento de Execução**

Caracterizar os principais procedimentos de montagem dos painéis e demais serviços necessários à execução da obra.

## **3 Requisitos e critérios de desempenho**

Os requisitos e critérios a seguir apresentados estão em conformidade àqueles especificados na ABNT NBR 15575-2, e demais normas específicas, correlacionadas aos painéis vazados de geopolímero para vedações verticais internas e externas sem função estrutural, objeto desta Diretriz.

## 3.1 Desempenho estrutural

### 3.1.1 Resistência estrutural e estabilidade global

Para o sistema de vedação vertical externo sem função estrutural deve ser realizada a verificação analítica ou ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações horizontais devidas ao vento, devendo-se considerar para efeito da avaliação a solicitação  $\gamma_w S_{wk}$ . No caso de ensaio, o corpo de prova deve ser constituído por um trecho representativo do sistema de vedação vertical externo (maior vão existente no projeto em estudo), incluindo as fixações e vinculações típicas entre componentes.

### 3.1.2 Deformações ou estados de fissuração

Os sistemas de vedação verticais internos e externos, considerando as combinações de carregamentos, devem atender os limites de deslocamentos instantâneos ( $d_h$ ) e residuais ( $d_{hr}$ ) indicados no Quadro 5, sem apresentar falhas que caracterizem o estado limite de serviço. Estes limites aplicam-se a edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

**Quadro 5 – Critérios e níveis de desempenho quanto a deslocamentos e ocorrência de falhas sob ação de carga de serviço**

| Elemento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Solicitação                                                          | Critério                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SVVIE sem função estrutural                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Cargas permanentes e deformações impostas<br>$S_d = S_{gk} + S_{ek}$ | Não ocorrência de falhas, tanto nas paredes como nas interfaces da parede com outros componentes                                                                             |
| SVVE sem função estrutural                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Cargas horizontais:<br>$S_d^{(a)} = 0,9 S_{gk} + 0,8 S_{wk}$         | Não ocorrência de falhas. Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/350$<br>$d_{hr} \leq h/1750$<br>Entende-se neste critério como SVVE as paredes de fachada. |
| No caso de ensaios de tipo considerar $S_d = S_{gk} + 0,8 S_{wk}$ onde:<br>h é altura do elemento parede;<br>$d_h$ é o deslocamento horizontal instantâneo;<br>$d_{hr}$ é o deslocamento horizontal residual;<br>$S_{gk}$ é a solicitação característica devido a cargas permanentes;<br>$S_{gk}$ é o valor característico da solicitação devida à deformação específica do material;<br>$S_{gk}$ é o valor característico da solicitação devida às cargas acidentais ou sobrecargas de uso;<br>$S_{wk}$ é o valor característico da solicitação devida ao vento. |                                                                      |                                                                                                                                                                              |

No caso de painéis com aberturas é importante fazer a análise considerando o conjunto da estrutura, e verificar o comportamento experimental das “vergas”, que podem ter eventualmente comportamento de vigas, e das “contravergas” e dos trechos laterais às aberturas, que podem ter comportamento de pilares.

### **3.1.3 Resistência a impactos de corpo mole**

Devem ser realizados os impactos de corpo mole sob as energias estabelecidas na ABNT NBR 15575-4 e transcritas no Quadro 6 e no Quadro 7, sendo os resultados avaliados conforme os critérios do item 7.4 da ABNT NBR 15575-4.

Para os impactos de corpo mole em paredes internas, externas e geminadas, sem função estrutural, executadas com painéis geopoliméricos, não são permitidas:

- a) Sofrer ruptura ou instabilidade, que caracterize o estado-limite último, para as energias de impacto correspondentes indicadas no Quadro 6 e no Quadro 7.
- b) A ocorrência de fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de falha (impactos de utilização) que possa comprometer o estado de utilização, observando-se ainda os limites de deslocamentos instantâneos e residuais (dh é o deslocamento horizontal instantâneo, dhr é o deslocamento horizontal residual, h é a altura da parede) devem atender aos limites estabelecidos na ABNT NBR 15575-4, indicadas no Quadro 6 e no Quadro 7.
- c) Provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos acoplados ao sistema de vedação vertical interno ou externo, de acordo com as respectivas energias de impacto indicadas no Quadro 6 e no Quadro 7.

A execução das vedações, o tipo de argamassa cimentícia para o assentamento dos painéis e acabamentos, quando forem realizados, devem ser descritos e especificados nos DATec's.

**Quadro 6 - Impactos de corpo mole em SVVIE até 5 pavimentos**

| Elemento                                                 | Impacto                                                               | Energia de Impacto de Corpo Mole (J) | Critério de Desempenho                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vedação Vertical Externa (Fachada) sem Função Estrutural | Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo) | 720                                  | Não ocorrência de ruína (estado-limite último)                                                                                             |
|                                                          |                                                                       | 480                                  |                                                                                                                                            |
|                                                          |                                                                       | 360                                  | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)                                                                                         |
|                                                          |                                                                       | 240                                  | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço) $d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$ ;                                                |
|                                                          |                                                                       | 180                                  | Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)                                                                                        |
|                                                          |                                                                       | 120                                  |                                                                                                                                            |
|                                                          | Impactos Internos (todos os pavimentos)                               | 360                                  | Não ocorrência de ruptura nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (estado-limite último)                                 |
|                                                          |                                                                       | 180                                  |                                                                                                                                            |
| Vedação Vertical Interna sem função estrutural           | Impactos Internos (todos os pavimentos)                               | 120                                  | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$ ; |
|                                                          |                                                                       | 60                                   | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$   |

**Quadro 7 - Impactos de corpo mole para SVVIE casas térreas**

| Elemento                                                 | Impacto                                                               | Energia de Impacto de Corpo Mole (J) | Critério de Desempenho                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vedação Vertical Externa (Fachada) sem Função Estrutural | Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo) | 480                                  | Não ocorrência de ruína (estado-limite último)                                                                                             |
|                                                          |                                                                       | 360                                  |                                                                                                                                            |
|                                                          |                                                                       | 240                                  | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$ ; |
|                                                          |                                                                       | 180                                  | Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)                                                                                        |
|                                                          |                                                                       | 120                                  |                                                                                                                                            |
|                                                          | Impacto Interno                                                       | 360                                  | Não ocorrência de ruína (estado-limite último)                                                                                             |
|                                                          |                                                                       | 180                                  |                                                                                                                                            |
|                                                          |                                                                       | 120                                  | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$ ; |
| Vedação Vertical Interna sem função estrutural           | Impacto Interno                                                       | 120                                  | Não ocorrência de ruína (estado-limite último)<br>São permitidas falhas localizadas                                                        |
|                                                          |                                                                       | 60                                   | Não ocorrência de falha (estado-limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$   |

### 3.1.4 Resistência a impactos de corpo duro

Para os impactos de corpo duro sob as energias de impacto estabelecidas na ABNT NBR 15575-4 e transcritas no Quadro 8 em paredes externas e internas, sem função estrutural, executadas com painéis geopoliméricos, não são permitidas:

- Apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de dano (impactos de utilização), observando-se ainda os limites de profundidades das mossa para os níveis de desempenho Intermediário e Superior, constante na Tabela F.5 do anexo F da NBR 15575-4 (ABNT, 2013);
- Apresentar ruptura ou traspassamento sob ação dos impactos de corpo duro.

**Quadro 8 - Impactos de corpo duro para vedações verticais - Sem função estrutural.**

| Elemento                                                 | Impacto                                                               | Energia de Impacto (J) | Critério de Desempenho                                                                        |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vedação Vertical Externa (Fachada) sem Função Estrutural | Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo) | 3,75                   | Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento que comprometam o estado-limite de serviço |
|                                                          |                                                                       | 20                     | Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)    |
|                                                          | Impacto Interno (todos os pavimentos)                                 | 2,5                    | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço                           |
|                                                          |                                                                       | 10                     | Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)    |
| Vedação Vertical Interna sem função estrutural           | Impacto Interno                                                       | 2,5                    | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço                           |
|                                                          |                                                                       | 10                     | Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)    |

### 3.1.5 Solicitações transmitidas por portas para as paredes

As vedações externas e internas, sem função estrutural, formadas por painéis geopoliméricos objeto dessa Diretriz, devem permitir o acoplamento de portas, resistindo à ação de fechamentos bruscos e impactos de corpo mole nas folhas, de forma a atender aos critérios especificados nas alíneas a) e b) a seguir, conforme item 7.5 da ABNT NBR 15575-4:

- Quando as portas forem submetidas a dez operações de fechamento brusco, as paredes não devem apresentar falhas, tais como: rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco com a parede, destacamentos em juntas entre componentes das paredes e outros;
- Sob ação de um impacto de corpo mole com energia de 240J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, não deverá ocorrer deslocamento ou arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissuração e estilhaçamentos.

O impacto de corpo mole deve ser aplicado no sentido de fechamento da porta, no caso de SVVI, e tanto no sentido de fechamento como de abertura da porta, no caso de SVVE.

### 3.1.6 Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nas paredes

As vedações verticais externas e internas, sem função estrutural, executadas com painéis geopoliméricos, devem resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas (armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes, quadros e outros) conforme critérios estabelecidos em 7.3.1 da ABNT NBR 15575-4 e apresentados no Quadro 9.

Estas vedações verticais não devem apresentar fissuras, lascamentos ou rupturas, nem permitir o arrancamento dos dispositivos de fixação nem seu esmagamento.

**Quadro 9 - Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão.**

| Carga de Ensaio Aplicada em cada ponto (kN)                                                                                                   | Carga de Ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos de apoio (kN) | Crítérios de desempenho                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,4                                                                                                                                           | 0,8                                                                           | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/500$ ; $d_{hr} \leq h/2500$ |
| Onde:<br>h é a altura do elemento parede;<br>$d_h$ é o deslocamento horizontal instantâneo;<br>$d_{hr}$ é o deslocamento horizontal residual. |                                                                               |                                                                                                                                                             |

Além da mão francesa padrão, podem ser considerados outros tipos de peças suspensas, tais como: cantoneira L, cargas faceando a parede ou ganchos para rede de dormir. Para simular estas situações, sugere-se a consideração de, ao menos, mais dois tipos, além da mão francesa padrão:

- Cantoneira, L, com lados de comprimento igual a 100mm, largura de 25mm, para um ponto de aplicação de carga, com excentricidade de 75mm em relação à face da parede;
- Dispositivo recomendado pelo fabricante ou proponente da tecnologia, para aplicação de cargas faceando a parede, ou seja, sem excentricidade; caso não haja indicação específica do fabricante, adotar arruela de aço de 25mm de diâmetro e 3mm de espessura, como corpo de apoio. O carregamento deve representar ao máximo a realidade;

Pode-se considerar que a carga de ensaio de longa duração (24h) mencionada no Quadro 8, contempla um coeficiente de segurança da ordem de 2 (dois), em relação a situações típicas de uso e a carga de serviço ou de uso, neste caso, é a metade da carga adotada no ensaio. Para cargas de curta duração, com aplicação contínua da carga até a ruptura, deve-se considerar um coeficiente de segurança igual a 3 para as cargas de uso ou de serviço das fixações, em relação à carga de ruptura, verificando-se a resistência dos sistemas de fixação possíveis de serem empregados no tipo de sistema considerado. De forma geral, a carga de uso ou de serviço considerada deve ser igual ou menor a um terço da carga de ruptura, ou a carga que provocar um deslocamento horizontal superior a  $h/500$ .

No caso de redes de dormir, deve-se considerar uma carga de uso de 2kN, aplicada em ângulo de 60° em relação à face da vedação. Nesta situação, deve-se admitir um coeficiente de segurança de no mínimo 2 para a carga de ruptura, conforme ABNT NBR 15575-4.

De forma geral não deve haver ocorrência de destacamento dos dispositivos de fixação ou falhas que prejudiquem o estado-limite de utilização, para as cargas de serviço. Tais dispositivos devem ser avaliados quando recomendados pelo fabricante ou proponente da tecnologia, sendo detalhados nos DATec's específicos.

A execução das vedações, o tipo de argamassa cimentícia para o assentamento dos painéis e acabamentos, quando forem realizados, devem ser descritos e especificados nos DATec's.

O projeto e o manual de uso e operação do sistema construtivo devem mostrar a quantidade e os tipos de fixação a serem empregados na instalação de peças suspensas, assim como os eventuais reforços necessários ao sistema de vedação.

### **3.2 Segurança contra incêndio**

Os elementos construtivos que integram as edificações habitacionais, devem atender aos requisitos das normas ABNT NBR 14432 e ABNT NBR 15575 para minimizar os riscos de propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação.

Os requisitos de segurança contra incêndio dos elementos construtivos pertinentes a esta Diretriz são expressos por:

- a) Reação ao fogo dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes (velocidade de propagação de chama);
- b) Facilidade de fuga, avaliada pelas características de desenvolvimento de fumaça dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes (limitação da densidade ótica de fumaça);
- c) Resistência ao fogo dos elementos construtivos, particularmente dos elementos estruturais e de compartimentação.

As instalações elétricas e de gás combustível (GLP) devem estar de acordo com as condições de segurança conforme a ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 15526, respectivamente.

### **3.2.1 Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada**

Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio, considerando os requisitos e critérios estabelecidos na norma ABNT NBR 15575 partes 1 a 6.

Avaliar a reação ao fogo das faces internas e externas dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos caso existam. As superfícies internas das vedações verticais externas (fachadas) e ambas as superfícies das vedações verticais internas devem classificar-se conforme o Quadro 10 de acordo com o método de previsto, devendo atender as seguintes classes:

- I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação;
- I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com densidade específica ótica máxima de fumaça ( $D_m$ ) inferior a 100.

As superfícies externas das vedações verticais externas que compõem a fachada devem classificar-se como I, IIA ou IIB, conforme Quadro 10.

**Quadro 10 - Classificação dos materiais com base no método de ensaio da ABNT NBR 9442**

| Classe |   | Método de Ensaio                                                                                     |                      |                |
|--------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|
|        |   | ISO 1182                                                                                             | ABNT NBR 9442        | ASTM E 662     |
| I      |   | Incombustível<br>$\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$<br>$\Delta m \leq 50\%$<br>$t_f \leq 10\text{s}$ | -                    | -              |
| II     | A | Combustível150                                                                                       | $l_p \leq 25$        | $D_m \leq 450$ |
|        | B |                                                                                                      |                      | $D_m > 450$    |
| III    | A |                                                                                                      | $25 < l_p \leq 75$   | $D_m \leq 450$ |
|        | B |                                                                                                      |                      | $D_m > 450$    |
| IV     | A |                                                                                                      | $75 < l_p \leq 150$  | $D_m \leq 450$ |
|        | B |                                                                                                      |                      | $D_m > 450$    |
| V      | A |                                                                                                      | $150 < l_p \leq 400$ | $D_m \leq 450$ |
|        | B |                                                                                                      |                      | $D_m > 450$    |
| VI     |   |                                                                                                      | $l_p > 400$          | -              |

$l_p$  – Índice de propagação de chamas.  
Dm – Densidade específica ótica de fumaça.  
 $\Delta T$  – Variação da temperatura no interior do forno.  
 $\Delta m$  – Variação da massa do corpo de prova.  
 $t_f$  – tempo de flamejamento do corpo de prova.

### 3.2.2 Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação

As vedações verticais, sem função estrutural, de painéis de geopolímero que integram os edifícios habitacionais devem atender a norma ABNT NBR 14432 para controlar os riscos de propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em situação de incêndio.

Para vedação vertical externa e interna, sem função estrutural, de painéis geopoliméricos, no caso de unidade habitacional unifamiliar isolada, de até 2 pavimentos, exige-se resistência ao fogo de 30 minutos, em paredes internas e externas, somente na cozinha e em ambiente fechado que abrigue equipamento de gás.

As paredes de geminação (paredes entre unidades) de casas térreas geminadas e de sobrados geminados, bem como as paredes entre unidades habitacionais e que fazem divisa com as áreas comuns nos edifícios multifamiliares, são elementos de compartimentação horizontal e devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, considerando os critérios de avaliação relativos à estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, no caso de edifícios até cinco pavimentos (12 metros de altura). A altura da edificação é a distância compreendida entre o ponto que caracteriza a saída, situada no nível de descarga do prédio e o piso do último pavimento.

### **3.3 Estanqueidade à água**

Para o caso da estanqueidade à água em paredes de vedação vertical interna e externa são avaliados dois fatores de umidade:

- a) Externas, como ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva;
- b) Interna como água decorrente dos processos de uso e lavagem dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e vazamentos de instalações.

#### **3.3.1 Estanqueidade à água de chuva em vedações verticais externas (fachadas)**

O ensaio de estanqueidade à água de chuva em paredes externas deve atender aos critérios do item 10.1 da ABNT NBR 15575-4, considerando-se a ação dos ventos. Devem ainda ser consideradas as pressões de ensaio, conforme a ABNT NBR 10821-2 e a vazão de ensaio conforme a ABNT NBR 15575-4, item 10.1.1, de 3 L/min/m<sup>2</sup>. Este ensaio deve ser associado à análise do projeto, considerando as interfaces dos painéis com vedações horizontais, esquadrias e estrutura.

O método de vedação foco desta Diretriz, deve passar pelo ensaio de estanqueidade à água, antes e após o ensaio de choque térmico (envelhecimento). O percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta da parede, após 7 horas de incidência da água, em relação a área do corpo de prova submetido ao ensaio, não deve ultrapassar 10 % para edificações térreas e 5 % para edificações com mais de um pavimento.

### **3.3.2 Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água de uso e lavagem dos ambientes**

O sistema de vedação vertical externa e interna não deve permitir infiltração de água, através de suas faces, sobretudo nas regiões com juntas, quando em contato com áreas molhadas, devendo atender ao critério especificado em 10.2.1 da ABNT NBR 15575-4.

As interfaces de paredes com sistemas de pisos de áreas molhadas não podem permitir o surgimento de umidade, permanecendo a superfície inferior e os encontros com as paredes e pisos adjacentes que os delimitam secos.

O projeto deve especificar detalhes construtivos que minimizem o contato da base da parede com a água ocasionalmente acumulada no piso. A ITA, deve avaliar a funcionalidade e desempenho desses detalhes executivos dos pontos de interface do sistema.

Em paredes de áreas molháveis não deve ocorrer presença de umidade perceptível nos ambientes contíguos, desde que respeitadas às condições de ocupação e manutenção previstas em projeto e descritas no manual de uso, operação e manutenção.

## **3.4 Desempenho Térmico**

A edificação deve reunir características que atendam aos critérios de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575-1, respeitando as características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na ABNT NBR 15220-3 e considerando que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre paredes externas e cobertura.

A avaliação dos sistemas de vedação de fachadas e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5 respectivamente deve ser obtida por meio do procedimento simplificado. Para os casos em que a avaliação da capacidade térmica e transmitância térmica conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional conforme 11.2 da norma ABNT NBR 15575-1. O procedimento de medição em campo, realizado em protótipos ou habitações construídas tem objetivo meramente informativo.

### **3.4.1 Critérios para o Procedimento Simplificado**

No Procedimento Simplificado deve-se verificar o atendimento aos critérios de desempenho térmico estabelecidos para as paredes externas e a cobertura, conforme apresentado nos subitens a seguir.

### 3.4.1.1 Exigências para as paredes externas do edifício

Para o sistema de vedação do edifício devem ser atendidos os requisitos e critérios relativos aos seguintes itens:

- a) Transmitância das paredes externas;
- b) Capacidade térmica das paredes externas.

Com relação à transmitância térmica das paredes externas, os valores máximos admissíveis devem ser os estabelecidos no Quadro 11, conforme 11.2.1 da ABNT NBR 15575-4.

**Quadro 11 - Transmitância térmica de paredes externas**

| Transmitância Térmica U (W.m <sup>2</sup> .K)                            |                         |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|
| Zonas 1 e 2                                                              | Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 |                |
| U ≤ 2,5                                                                  | $\alpha \leq 0,6$       | $\alpha > 0,6$ |
|                                                                          | U ≤ 3,7                 | U ≤ 2,5        |
| $\alpha$ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. |                         |                |

Para a capacidade térmica das paredes externas, os valores mínimos admissíveis são apresentados no Quadro 12, conforme 11.2.2 da ABNT NBR 15575-4.

**Quadro 12 - Capacidade Térmica de Paredes Externas**

| Capacidade Térmica (CT)<br>kJ/(m <sup>2</sup> .K) |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7                        | Zona 8        |
| ≥ 130                                             | Sem exigência |

O sistema construtivo composto pelos painéis geopoliméricos, objeto dessa Diretriz, deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575, considerando as oito regiões bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3.

### 3.4.2 Critérios para os Procedimentos de Simulação

O Procedimento de Simulação é feito por meio de simulação computacional do desempenho térmico, a partir dos dados de projeto do edifício, que permitem a determinação do comportamento térmico sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica.

O Procedimento de Simulação do sistema construtivo alvo desta Diretriz deve possibilitar que a edificação apresente desempenho térmico que se enquadre no nível mínimo (M) do critério estabelecido na ABNT NBR 15575-1, ou seja, para edificações implantadas nas diferentes zonas climáticas brasileiras, considerando as situações limítrofes de calor e frio no interior dessas edificações com relação ao ambiente externo, no verão e no inverno, respectivamente.

Para o procedimento de simulação computacional, deve ser considerada a habitação como um todo, levando em conta todas as características construtivas, componentes e elementos constituintes das paredes e cobertura.

No procedimento de simulação do desempenho térmico podem ser consideradas condições de ventilação e de sombreamento, conforme NBR 15575-1, nas condições padrão, ventilado, sombreado ou combinação ventilado e sombreado. A absorvância a radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas das paredes expostas. As paredes devem assumir o valor da absorvância a radiação solar correspondente à cor definida no projeto. Caso a cor não esteja definida, deve ser considerada uma das três alternativas: cor clara, média e escura.

Os critérios de desempenho térmico especificados pela norma ABNT NBR 15575-1 estão transcritos no Quadro 13 e no Quadro 14.

**Quadro 13 - Critérios de desempenho térmico – verão**

| Nível de Desempenho                                                                                                                                                                                                                                                   | Critério                   |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                       | Zonas bioclimáticas 1 a 7  | Zona bioclimática 8        |
| M                                                                                                                                                                                                                                                                     | $T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$ | $T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$ |
| $T_{i,máx}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior à edificação, em graus Celsius<br>$T_{e,máx}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius<br>Nota: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3 |                            |                            |

**Quadro 14 - Critérios de desempenho térmico – inverno**

| Nível de Desempenho                                                                                                                                                                                                                                                   | Critério                                       |                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                       | Zonas bioclimáticas 1 a 5                      | Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8                      |
| M                                                                                                                                                                                                                                                                     | $T_{i,máx} \geq T_{e,máx} + 3^{\circ}\text{C}$ | Nestas zonas, este critério não pode ser avaliado |
| $T_{i,máx}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior à edificação, em graus Celsius<br>$T_{e,máx}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius<br>Nota: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3 |                                                |                                                   |

### 3.4.3 Período de condensação

O número de horas em que há risco de condensação para o sistema de paredes objeto desta Diretriz, em um período de um ano, considerando as condições estabelecidas no item 1.2, pode ser, no máximo, 20% maior que aquele de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces no mesmo período.

Para isso deve-se fazer simulação, considerando as condições do item 1.3, utilizando software que faça balanço simultâneo de calor e umidade em regime transitório, como exemplo o Energy Plus.

## 3.5 Desempenho Acústico

Como forma de demonstrar o potencial de atendimento da ABNT NBR 15575, em sistemas construtivos que utilizam os painéis geopoliméricos, devem ser apresentadas medições de laboratório, considerando uma parede cega e medições de campo, considerando isolamento à ruídos aéreos de fachada, ou de fachada / cobertura (no caso de unidades térreas e assobradadas) e de paredes internas entre unidades habitacionais.

O ensaio de laboratório deve apresentar o valor do índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , considerando o elemento construtivo, parede de vedação vertical não estrutural interna ou externa, com os seus componentes típicos, incluindo juntas, conforme a ISO 10140-2.

Os resultados do ensaio em campo devem ser apresentados em termos da isolamento sonora ( $D_{2m, nT, w}$ ) da envoltória ou ( $D_{nT, w}$ ) das paredes internas, caracterizando as condições para as quais foi realizada a medição, pois tem aplicação restrita à condição medida (características do projeto, das esquadrias, do sistema de cobertura / forro). Os resultados dos ensaios em campo devem vir acompanhados da descrição do tipo de esquadrias (portas e janelas), tratamento das juntas entre paredes e esquadrias, relação entre área de janela e área de parede, tipo de cobertura (telhado e forro) e projeto típico da unidade nos locais de medição.

### 3.5.1 Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$

O elemento de fachada, considerando as juntas existentes, deve apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos indicados no Quadro 15, constantes do Anexo F da ABNT NBR 15575-4.

Deve-se determinar a redução sonora de elementos construtivos isoladamente (parede, janela, porta, etc.).

O resultado é aplicável a diferentes sistemas construtivos e projetos, porém, para avaliar o elemento (parede com janela, parede com porta), é necessário ensaiar cada componente e determinar o isolamento global do conjunto.

**Quadro 15 - Índice mínimo recomendado de redução sonora ponderado da parede,  $R_w$ .**

| Classe de Ruído                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Localização da Habitação                                                                                                  | $R_w$<br>(dB)* |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fachada localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas                                             | $\geq 25$      |
| II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Fachada localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III                            | $\geq 30$      |
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Fachada sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação | $\geq 35$      |
| Nota: Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 12354-3).<br>Resultados considerando as esquadrias |                                                                                                                           |                |

### 3.5.2 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$

Os elementos de vedação entre ambientes devem apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos do Quadro 15, constantes do Anexo F da ABNT NBR 15575-4. Quando o sistema entre ambientes for constituído por mais do que um elemento, deve ser ensaiado o sistema ou cada elemento e calculada a isolação resultante.

As paredes de geminação devem apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos indicados no anexo F da ABNT NBR 15575-4 transcritos no Quadro 16 a seguir.

**Quadro 16 - Índice mínimo de Redução Sonora Ponderado dos componentes construtivos,  $R_w$ , para ensaio de laboratório**

| Elemento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $R_w$<br>(dB) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório                                                                                                                                                                                                              | $\geq 45$     |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório                                                                                                                                                                                                        | $\geq 50$     |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.                                                                                                                                                                                  | $\geq 45$     |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.                                                                                                                                                                             | $\geq 35$     |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginásticas, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.                                                  | $\geq 50$     |
| Nota: Valores referenciais para paredes cegas<br>Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 12354-3). |               |

### 3.5.3 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória – ensaio de campo – $D_{2m,nT,w}$

Os níveis de ruídos nos ambientes do edifício habitacional devem atender à ABNT NBR 10152.

A diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada,  $D_{2m, nT, w}$ , dos elementos da envoltória, fachadas e coberturas, na região de dormitórios, devem atender aos critérios mínimos apresentados no anexo F da ABNT NBR 15575-4 transcritos no Quadro 17.

**Quadro 17 - Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada  $D_{2m,nT,w}$ , da vedação externa de dormitório - Ensaios de campo.**

| Classe de Ruído                                                                                                                                                                                                                                  | Localização da Habitação                                                                                                    | $D_{2m,nT,w}$<br>(dB)* |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| I                                                                                                                                                                                                                                                | Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas                                             | $\geq 20$              |
| II                                                                                                                                                                                                                                               | Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III                            | $\geq 25$              |
| III                                                                                                                                                                                                                                              | Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação | $\geq 30$              |
| Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros não há requisitos específicos.<br>Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos. |                                                                                                                             |                        |

### 3.5.4 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações internas em ensaio de campo – $D_{nT,w}$

O sistema de vedação vertical interna deve apresentar, no mínimo, os valores do Quadro 18, conforme 12.3.2 da ABNT NBR 15575-4.

NOTA: as medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora.

**Quadro 18 - Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , entre ambientes - Ensaio de campo**

| Elemento                                                                                                                                                                                                                                                                         | $D_{nT,w}$<br>(dB) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório                                                                                                                                                             | $\geq 40$          |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório                                                                                                                                                       | $\geq 45$          |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.                                                                                                                                 | $\geq 40$          |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.                                                                                                                            | $\geq 30$          |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginásticas, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas. | $\geq 45$          |
| Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)                                                                                                                                                                    | $\geq 40$          |

## 3.6 Durabilidade e Manutenibilidade

Manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto desde que submetidos às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores.

Estabelecer em manual do usuário, manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo. Neste manual, elaborado conforme ABNT NBR 14037, deve constar a definição da Vida Útil de Projeto, VUP, do sistema construtivo e dos seus componentes, além da indicação dos períodos de manutenção preventiva e de eventuais substituições de componentes e materiais. Além disso, devem existir informações importantes de uso, como fixação de peças suspensas nas paredes, localização das instalações (elétricas e hidráulicas), formas de realizar inspeções e manutenções nessas instalações, entre outras informações pertinentes ao uso desse sistema.

O Manual do Usuário deverá estar adequado à tipologia habitacional do projeto arquitetônico de forma a considerar suas particularidades e limitações. Este manual deve ser apresentado à ITA (Instituição Técnica Avaliadora) na fase de avaliação técnica ou na fase de auditoria técnica, como pré-requisito para a obtenção do DATec. As informações constantes do Manual Técnico do produto devem ser consideradas no Manual de Uso e Manutenção da unidade habitacional entregue ao usuário.

As manutenções devem ser realizadas em estrita obediência ao manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora.

### 3.6.1 Vida útil de Projeto (VUP)

Considerar que os elementos de paredes tenham vida útil de projeto (VUP) no mínimo igual aos períodos sugeridos na NBR 15575-1 (Anexo C) e transcritos no Quadro 19, se submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção.

**Quadro 19 - Vida útil mínima de Projeto (VUP)**

| <b>Elemento</b>                                                    | <b>VUP (anos)</b> |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Alvenaria de vedação vertical externa sem função estrutural</b> | ≥ 40              |
| <b>Alvenaria de vedação vertical interna sem função estrutural</b> | ≥ 20              |

### 3.6.2 Premissas de Projeto

O proponente, o construtor, o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar em projeto todas as condições de uso, operação e manutenção do produto, especialmente com relação às:

- Interfaces entre paredes e caixilhos, parede e piso/forro, parede e laje, e parede e instalações; e demais interfaces que possam comprometer o desempenho da unidade habitacional;
- Recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (fixação de peças suspensas com peso incompatível com as paredes, abertura de vãos em paredes com função estrutural, limpeza com água de pinturas não laváveis, presença de umidade em função de tratamentos inadequados de vazamentos, travamento impróprio de janelas entre outros);

- Detalhes de projeto que garantam que não exista contato entre telas galvanizadas com outras telas, fios ou barras de aço não galvanizadas, conforme recomendado pela ABNT NBR 11173;
- Detalhes que garantam que a base da parede não tenha contato prolongado com a umidade do piso, considerando interfaces como: parede/piso externo e parede/piso interno de áreas sujeitas a água de uso e lavagem;
- Detalhes e posicionamento das instalações (hidráulicas e de gás), e informações sobre formas de reparos de eventuais vazamentos;
- Periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- Periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções;
- Técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção, incluindo-se as pinturas, tratamento de fissuras e limpeza.

### **3.6.3 Resistência a ação de calor e ciclos de choque térmico**

As alvenarias de vedação vertical externas, sem função estrutural, executadas com painéis geopoliméricos devem resistir aos ciclos de exposição ao calor e ao resfriamento. A montagem da parede e acabamentos devem ser descritos e especificados nos respectivos DATec's.

Após os 10 ciclos de exposição ao calor e resfriamento as paredes (corpo de prova) não podem apresentar:

- Deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo de prova, superior a  $h/300$ , onde  $h$  é a altura do corpo de prova;
- Ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloração e outros danos.

### **3.6.4 Resistência de aderência de revestimentos aos painéis**

A determinação da resistência de aderência dos revestimentos ao painel de geopolímero deve ser realizada no mesmo corpo de prova utilizado para a verificação da resistência a ação do calor e ciclos de choque térmico. O ensaio deve ser realizado antes e após a exposição da parede ao choque térmico, sendo que os resultados após o envelhecimento devem atingir no mínimo 70 % dos valores obtidos no ensaio em situação original.

A resistência de aderência à tração mínima do revestimento externo antes do envelhecimento por ação de calor e de ciclos de choque térmico deve ser de 0,30 MPa; ou seja, de cada grupo de doze ensaios realizados, pelo menos 8 valores devem ser maiores ou iguais a este valor.

### 3.6.5 Resistência à corrosão de dispositivos de fixação

Analisar se a resistência à corrosão dos dispositivos de fixação é compatível com a VUP de cada subsistema, conforme as diretrizes da ABNT NBR 15575-1 Anexo C. Essa análise deve ser feita considerando o sistema de proteção contra a corrosão. Deve ser realizada a caracterização mínima de componentes de fixação presentes no Quadro 4.

### 3.6.6 Resistência ao crescimento de fungos

Os corpos de prova submetidos a ensaios devem ser avaliados a cada semana, durante um período de 28 dias. Essa avaliação é visual, realizada de acordo com os critérios apresentados no Quadro 20.

Considera-se admissível amostras com Nota até 2, até 10% de crescimento de fungos sobre a área total do painel (em uma face).

**Quadro 20 - Avaliação visual do crescimento superficial de fungos (\*)**

| <b>Nota</b>                                                                                                                                                          | <b>Percentual da área da superfície avaliada por face do painel</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>0</b>                                                                                                                                                             | Ausência de crescimento                                             |
| <b>1</b>                                                                                                                                                             | Traços de crescimento                                               |
| <b>2</b>                                                                                                                                                             | 1 a 10% de crescimento sobre a área total do painel                 |
| <b>3</b>                                                                                                                                                             | Mais do que 10% até 30% de crescimento sobre a área total do painel |
| <b>4</b>                                                                                                                                                             | Mais do que 30% até 70% de crescimento sobre a área total do painel |
| <b>5</b>                                                                                                                                                             | Mais do que 70% de crescimento sobre a área total do painel         |
| (*) FONTE: BRAVERY, A.F., BARRY, S. and COLEMAN, L.J. (1978). Collaborative experiments on testing the mould resistance of paint films. Int. Biod. Bull. 14(1). 1-10 |                                                                     |

## 4 Métodos de avaliação

### 4.1 Métodos de avaliação das características dos componentes

O Quadro 22 e o Quadro 22 apresentam os requisitos a serem especificados para os componentes, seus parâmetros quantitativos e os métodos de avaliação, sejam ensaios, inspeção ou medição.

**Quadro 21 - Caracterização dos constituintes dos painéis.**

| Item | Material               | Requisito                                   | Métodos de avaliação                                                                 |
|------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| A.1  | Alumínio Silicato      | Caracterização por fluorescência de raios-X | Determinação dos maiores óxidos presentes, além de perda ao fogo.                    |
| A.2  | Pó de granito          | Granulometria                               | ABNT NBR NM 248                                                                      |
|      |                        | Material pulverulento                       | ABNT NBR NM 46                                                                       |
|      |                        | Reatividade álcali-agregado                 | ABNT NBR 15577                                                                       |
| A.3  | Pó borracha de pneu    | Granulometria                               | Conforme procedimento do proponente, informação que deve constar do DATec específico |
| A.4  | Pérola de EPS          | Granulometria                               | Conforme procedimento do proponente, informação que deve constar do DATec específico |
| A.5  | Fibra de polipropileno | Comprimento                                 | Conforme procedimento do proponente, informação que deve constar do DATec específico |

**Quadro 22 - Métodos de avaliação das características dos componentes.**

| <b>Caracterização dos painéis de geopolímeros</b> |                                                                                |                                                                                                                                                                           |                                        |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Item</b>                                       | <b>Requisitos</b>                                                              | <b>Indicador de conformidade</b>                                                                                                                                          | <b>Métodos de avaliação</b>            |
| <b>B.1</b>                                        | Características geométricas (altura, comprimento, largura, planeza e esquadro) | Desvios máximos de $\pm 3$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos.                                                                                      | ANEXO B                                |
| <b>B.2</b>                                        | Espessura das paredes do bloco                                                 | Desvios máximos de $\pm 2$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos.                                                                                      | ANEXO B                                |
| <b>B.3</b>                                        | Densidade aparente                                                             | 1000 a 1800 kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                             | ANEXO E                                |
| <b>B.4</b>                                        | Resistência à compressão                                                       | Maior ou igual a 1,0 MPa                                                                                                                                                  | ANEXO C                                |
| <b>B.5</b>                                        | Resistência à flexão, considerando dois apoios                                 | Maior ou igual a 1,4 MPa                                                                                                                                                  | ANEXO D                                |
| <b>B.6</b>                                        | Índice de absorção de água                                                     | $8\% \leq \text{absorção} \leq 22\%$                                                                                                                                      | ANEXO E                                |
| <b>B.7</b>                                        | Reação ao fogo                                                                 | Classificado como I ou II – A (Conforme Quadro 10)                                                                                                                        | ABNT NBR 9442<br>ASTM E662<br>ISO 1182 |
| <b>B.8</b>                                        | Resistência após ciclos de imersão e secagem                                   | A razão entre a resistência à tração na flexão após envelhecimento (ciclos de imersão em água e secagem) e a resistência inicial deve ser $> 0,70$ .                      | ABNT NBR 15498                         |
| <b>B.9</b>                                        | Resistência ao envelhecimento em água quente                                   | A razão entre a resistência à tração na flexão após a imersão em água quente e a resistência inicial deve ser $> 0,70$ .                                                  | ABNT NBR 15498                         |
| <b>B.10</b>                                       | Resistência aos raios ultravioletas (radiação UV-B – 2000 horas)               | A razão entre a resistência à tração na flexão após o envelhecimento de 2000 horas em câmara de CUV-B e a resistência inicial deve ser $> 0,70$ .                         | ASTM G154 /<br>ISO 4628                |
| <b>B.11</b>                                       | Envelhecimento acelerado por Weather-Ometer (WOM - 1000 horas)                 | A razão entre a resistência à tração na flexão após o envelhecimento de 1000 horas em câmara de intemperismo artificial (WOM) e a resistência inicial deve ser $> 0,70$ . | ASTM G155                              |
| <b>B.12</b>                                       | Condutividade Térmica                                                          | Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico                                                                                                              | Normas técnicas pertinentes            |
|                                                   | Resistência Térmica                                                            |                                                                                                                                                                           |                                        |

| <b>C</b>    | <b>Argamassa de Assentamento</b>                               |                                                         |                             |
|-------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Item</b> | <b>Requisitos</b>                                              | <b>Indicador de conformidade</b>                        | <b>Métodos de avaliação</b> |
| <b>C.1</b>  | Módulo de Deformação (estado endurecido)                       | $\leq 4,0$ GPa                                          | ABNT NBR 15630:08           |
| <b>C.2</b>  | Resistência à compressão axial aos 28 dias (estado endurecido) | Menor que a resistência do painel vazado de geopolímero | ABNT NBR 13279:05           |

|     |                                                |             |                   |
|-----|------------------------------------------------|-------------|-------------------|
| C.3 | Teor de ar incorporado (estado fresco)         | $\leq 18\%$ | ABNT NBR 13278:05 |
| C.4 | Capacidade de Retenção de Água (estado fresco) | $\geq 80\%$ | ABNT NBR 13277:05 |

|      |                                                                                                                                        |                                                 |                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| D    | Caracterização do Véu de Poliéster ou não-tecido de poliéster                                                                          |                                                 |                      |
| Item | Requisitos                                                                                                                             | Indicador de conformidade                       |                      |
| D.1  | Resistência à tração                                                                                                                   | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| D.2  | Determinação da massa por unidade de área                                                                                              | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| D.3  | Determinação da espessura de superfícies têxteis                                                                                       | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| D.4  | Resistência à tração                                                                                                                   | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| D.5  | Determinação da massa por unidade de área                                                                                              | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| D.6  | Determinação da espessura de superfícies têxteis                                                                                       | Informação que deve constar do DATEC específico |                      |
| E    | Tela de Aço                                                                                                                            |                                                 |                      |
| Item | Requisitos                                                                                                                             | Indicador de conformidade                       | Métodos de avaliação |
| E.1  | Especificação das telas de aço (tipo, diâmetro, quantidade etc.)                                                                       | Informação que deve constar do DATEC específico | ABNT NBR 7481        |
| E.2  | Resistência ao escoamento                                                                                                              | Informação que deve constar do DATEC específico | ABNT NBR 7481        |
| E.3  | Proteção contra corrosão (tipo, espessura etc.)                                                                                        | Informação que deve constar do DATEC específico | ABNT NBR 6118        |
| F    | Componentes de fixação (pregos, parafusos, chumbadores, entre outros)                                                                  |                                                 |                      |
| F.1  | Descrição / Tipo e uso                                                                                                                 | Verificação de documento de declaração          |                      |
| F.2  | Proteção contra corrosão / Tipo e espessura do revestimento                                                                            |                                                 |                      |
| F.3  | Resistência à corrosão (Tempo mínimo para aparecimento de corrosão vermelha no material base quando exposto em câmara de névoa salina) | NBR 8094                                        |                      |

## **4.2 Métodos de avaliação do desempenho dos sistemas construtivos**

### **4.2.1 Desempenho estrutural**

#### **4.2.1.1 Estabilidade e resistência estrutural – Estado Limite Último**

a) Análise do projeto estrutural e memória de cálculo, verificando sua conformidade com as normas brasileiras pertinentes; ou

b) Ensaio: quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se, para edifícios até 5 pavimentos, estabelecer uma resistência última de projeto por meio de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo A da ABNT NBR 15.575-2.

#### **4.2.1.2 Deslocamentos, fissura e ocorrências de falhas – Estado limite de serviço**

a) Análise do projeto estrutural e memória de cálculo, verificando sua conformidade com as normas brasileiras pertinentes. Nos casos mais gerais, na análise das deformações podem ser consideradas apenas as ações permanentes e acidentais (sobrecargas) características, tomando-se para  $\Psi_g$  o valor 1,0 e para  $\Psi_q$  o valor 0,7.

$$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk}$$

b) Ensaio: quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se estabelecer uma resistência última de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B da ABNT NBR 15.575-2.

Para o ensaio visando a verificação da resistência a ações horizontais, pode ser adotada a câmara de ensaio prevista para ensaios de esquadrias externas, conforme a ABNT NBR 10821-3 ou realizar ensaio por intermédio de balão inflável de material plástico, conforme anexo G da ABNT NBR 15575-4.

#### **4.2.1.3 Resistência às solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nas paredes**

O ensaio de resistência à solicitação de cargas suspensas em paredes construídas com painéis geopoliméricos, deve adotar o método prescrito na ABNT NBR 15575-4 anexo A. O ensaio deve ser representativo ao sistema de vedação interno e externo, incluindo todos os seus componentes ou dispositivos de fixação.

#### **4.2.1.4 Resistência a impactos de corpo mole para sistemas de vedação vertical externo e interno**

O ensaio de resistência ao impacto de corpo mole a ser realizado em laboratório, em protótipo ou em obra em paredes de vedação vertical interna e/ou externa, compostas pelos painéis objeto desta Diretriz (corpo de prova), com ou sem acabamento final, deve ser realizado conforme os métodos descritos na ABNT NBR 11675 e ABNT NBR 15575-4. No caso de ensaios realizados em laboratório, deve ser considerado um corpo de prova com comprimento entre 2000 e 3000 mm e altura equivalente ao pé direito usual de projeto.

#### **4.2.1.5 Resistência a impacto de corpo duro**

O ensaio de resistência ao impacto de corpo duro a ser realizado em laboratório, em protótipo ou em obra em paredes de vedação vertical interna e/ou externa, compostas pelos painéis objeto desta Diretriz (corpo de prova), com ou sem acabamento final, deve ser realizado conforme o Anexo B da norma ABNT NBR 15575-4. No caso de ensaios realizados em laboratório, deve ser considerado um corpo de prova com comprimento entre 2000 e 3000 mm e altura equivalente ao pé direito usual de projeto.

#### **4.2.1.6 Solicitações transmitidas por portas**

Os ensaios de fechamento brusco por porta e o impacto de corpo mole devem ser realizados conforme métodos da ABNT NBR 15930-2. Na montagem da porta para o ensaio, as fechaduras devem ser instaladas de acordo com o que prescreve o Anexo O da ABNT NBR 14913. Esta avaliação também poderá ser feita mediante análise de projeto.

#### **4.2.1.7 Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas**

Realização de ensaio de tipo, em laboratório ou em campo, de acordo com os métodos de ensaio indicados na ABNT NBR 14718.

No caso de parapeitos, adotar as diretrizes gerais dos métodos previstos na ABNT NBR 14718 e os métodos para ensaios de impacto previstos na ABNT NBR 15575-4 e normas complementares.

## **4.2.2 Segurança contra incêndio**

### **4.2.2.1 Resistência ao fogo**

O ensaio deve ser realizado em conformidade com os métodos da ABNT NBR 10636, que estabelece o método de ensaio para a determinação da resistência ao fogo em elemento de vedação vertical interna e externa, sem função estrutural, levando em conta a estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico.

#### **4.2.2.2 Reação ao fogo**

Os métodos de ensaio para a verificação da reação ao fogo para o sistema de vedação composta pelos painéis geopoliméricos, utiliza como base as especificações da ABNT NBR 9442.

#### **4.2.2.3 Ensaio de densidade óptica**

O ensaio de densidade óptica da fumaça deve ser realizado em conformidade com os métodos da ASTM E662, que estabelece o método de ensaio para determinar a densidade óptica máxima da fumaça ( $D_m$ ).

## **4.2.3 Estanqueidade à água**

### **4.2.3.1 Estanqueidade à água de chuva, considerando-se à ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachada)**

Método de avaliação conforme item 10.1.1.1 da ABNT NBR 15575-4 para unidades habitacionais térreas, assobradadas e sobrepostas. Para edifícios multipavimentos com mais de dois andares, deve-se realizar o ensaio de estanqueidade conforme método de ensaio previsto na ABNT NBR 10821-3 com pressões de acordo com a Tabela 1 da ABNT NBR 10821-2, além do método descrito anteriormente.

Os corpos de prova a serem ensaiados devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e características construtivas dos sistemas de vedações verticais externas, com especial atenção às juntas entre os elementos ou componentes.

Para avaliação da estanqueidade, ao final do ensaio é necessário avaliar a presença de umidade, gotejamento, exsudações em quaisquer componentes do sistema.

Análise de projeto, das demais interfaces das fachadas com outros componentes construtivos, tais como janelas e caixilhos, caso não seja necessária a realização de ensaio.

#### **4.2.3.2 Estanqueidade de SVVIE com incidência direta de água – Áreas molhadas**

Realização de ensaio de estanqueidade, conforme método estabelecido na ABNT NBR 15575-4 anexo D, e análise de projeto. Verificar se as premissas constam do projeto executivo.

#### **4.2.3.3 Estanqueidade de SVVIE com incidência direta de água de uso e lavagem dos ambientes**

Em paredes com incidência direta de água, a avaliação deve ser realizada com a análise dos projetos executivos do sistema construtivo ou a execução dos ensaios a serem realizados em um corpo de prova (parede), conforme item 10.2 da ABNT NBR 15575-4.

O ensaio de estanqueidade em paredes internas e externas em contato com áreas molháveis deve ser realizado pela análise de projeto ou inspeção visual a 1 m de distância, quando em campo.

#### **4.2.3.4 Estanqueidade de juntas (encontros) entre SVVIE e entre SVVIE e sistemas de piso**

Análise de projeto

### **4.2.4 Desempenho térmico**

A avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo objeto desta diretriz deve ser feita considerando as condições climáticas da região na qual serão implantadas as edificações e as respectivas características bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3.

Podem ser adotados dois procedimentos normativos alternativos para avaliação da adequação do edifício às diferentes zonas bioclimáticas: Procedimento Simplificado e Procedimento de Simulação.

#### **4.2.4.1 Procedimento Simplificado**

O método adotado para procedimento simplificado de transmitância e capacidade térmica deve ser realizado conforme métodos da ABNT NBR 15575-4 (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1) e os cálculos conforme procedimentos da ABNT NBR 15220-2.

a) Transmitância térmica: a avaliação da transmitância térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2.

b) Capacidade térmica: a avaliação da capacidade térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2. No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolante térmicos de condutividade térmica menor ou igual a  $0,065 \text{ W/(m.K)}$  e resistência térmica maior que  $0,5 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ , o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

#### **4.2.4.2 Procedimentos de Simulação**

O método de simulação computacional realizado em edificações com paredes compostas por painéis geopoliméricos, compostos por painéis geopoliméricos, deve estar de acordo com o item 11.2 da ABNT NBR 15575-1.

Procedimento de Simulação: Os SVVE podem ser avaliados, primeiramente, considerando o procedimento simplificado de análise. Caso o SVVE não atenda aos critérios analisados conforme o procedimento simplificado, é necessário aplicar o procedimento de análise de acordo com a ABNT NBR 15575-1, considerando o procedimento de simulação do desempenho térmico. No procedimento de simulação do desempenho térmico podem ser consideradas condições de ventilação e de sombreamento, conforme ABNT NBR 15575-1. No caso da ventilação, pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de  $1 \text{ ren/h}$ , ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”, com taxa de  $5 \text{ ren/h}$ , ou seja, cinco renovações de ar por hora nos ambientes. No caso do sombreamento das aberturas pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte pelo menos 50 % da radiação solar incidente no ambiente da sala ou dormitório.

Para a realização da análise pelo Procedimento de Simulação deve-se seguir as orientações da ABNT NBR 15575-1.

#### **4.2.4.3 Avaliação da área mínima de abertura de ventilação**

Análise de projeto, segundo item 11.3.1.1, da ABNT NBR 15575-4.

#### **4.2.4.4 Desempenho higrotérmico**

Conforme item 3.4.3 desta Diretriz.

#### **4.2.5 Desempenho acústico**

Existem dois métodos de ensaio realizados para verificar o desempenho acústico: o ensaio de laboratório e o ensaio de campo.

O ensaio de laboratório deve ser realizado em uma parede cega de vedação vertical, constituída pelos painéis objeto desta Diretriz (corpo de prova). O ensaio pode ser realizado em uma parede com ou sem acabamento, desde que atenda os critérios de redução sonora  $R_w$  da ABNT NBR 15575.

##### ***4.2.5.1 Isolação sonora de paredes internas e externas - ensaio de laboratório – $R_w$***

O ensaio de laboratório para a determinação do índice de redução sonora  $R_w$  em paredes deve ser realizado conforme os métodos contidos na norma ISO 10140-2.

##### ***4.2.5.2 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória – ensaio de campo – $D_{2m, nT, w}$***

Os métodos de avaliação para determinação da isolamento sonora promovida pelos elementos da envoltória em sistemas construtivos constituídos pelos blocos estão descritos nas normas ISO 16283-1 e ISO 16283-3.

##### ***4.2.5.3 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas paredes internas - ensaio de campo – $D_{nT, w}$***

Os métodos de avaliação para determinação da isolamento sonora promovida pelos elementos de vedação interna de sistemas construtivos estão descritos na norma ISO 16283-1.

#### **4.2.6 Durabilidade e Manutenibilidade**

##### ***4.2.6.1 Vida útil de projeto dos elementos***

Deve ser verificado se as premissas apresentadas no manual de uso, operação e manutenção fornecido pelo proponente e atendimento aos prazos constantes do Anexo C da

ABNT NBR 15.575-1 foram atendidos, a fim de ser mantida a capacidade funcional dos elementos construtivos durante a vida útil de projeto.

#### **4.2.6.2 Estanqueidade antes e após aos ciclos de calor e de choque térmico**

Método de avaliação: após terem sido aprovadas na avaliação de estanqueidade estabelecida em 4.2.3.1, o corpo de prova deve ser ensaiado conforme método apresentado no Anexo E da ABNT NBR 15575-4.

Ao final, o corpo de prova deve ser novamente submetido à avaliação de estanqueidade estabelecida em 4.2.3.1.

Para avaliação da estanqueidade, ao final do teste é necessário avaliar a presença de umidade, gotejamento, exsudações nos componentes do sistema.

#### **4.2.6.3 Resistência de aderência antes e após aos ciclos de calor e de choque térmico**

O ensaio deve ser realizado em paredes (corpo de prova) antes e após as avaliações de calor e choque térmico, conforme métodos na ABNT NBR 13528. Essa avaliação deve ser realizada somente quando os corpos de prova forem ensaiados com revestimento.

## **5 Análise global do desempenho do produto**

Os relatórios específicos de análise e de ensaios são consolidados em um Relatório Técnico de Avaliação, no qual é apresentada uma síntese do desempenho global do produto, considerando a análise de todos os resultados obtidos no processo de avaliação técnica, realizado no âmbito do SINAT, incluindo os ensaios de caracterização e de desempenho do produto, com base nas exigências especificadas nesta Diretriz.

## **6 Controle da qualidade**

As auditorias, tanto as iniciais, antes da concessão do DATec, como as auditorias periódicas, após concessão do DATec, serão realizadas considerando a unidade de produção e os processos de montagem em obras.

As auditorias técnicas, após a concessão do DATec, serão realizadas inicialmente a cada seis meses e conforme os resultados obtidos, a ITA poderá, a seu critério, aumentar ou diminuir este período.

Para renovação do DATec, serão apresentados os relatórios de auditorias técnicas incluindo a verificação de unidades de produção, dos processos de montagem em obras e do comportamento de unidades em uso.

O Quadro 24 mostra as atividades a serem controladas pelo produtor, e os quadros subsequentes mostram os requisitos que devem balizar tal controle.

**Quadro 23 - Atividade objeto de controle**

| <b>Atividades</b>                                         | <b>Procedimentos de controle</b>                              |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Controle de aceitação de materiais em fábrica             | Procedimento de controle de aceitação de materiais.           |
| Controle da qualidade na produção dos painéis             | Procedimento de controle da produção.                         |
| Controle da qualidade dos painéis pós-produção em fábrica | Procedimento de controle e ensaios dos blocos na fábrica.     |
| Controle das atividades em canteiro de obras              | Procedimento que conste a verificação das atividades em obra. |

## **6.1 Controle na produção dos painéis em fábrica**

Devem ser verificados os documentos técnicos, os controles efetuados no processo de produção e as características do produto fabricado. O controle da produção dos painéis deve ser realizado pelo próprio fabricante, podendo alguns ensaios serem realizados por laboratório externo.

Os ensaios de controle dos painéis devem constar no DATec, no qual também deve constar a periodicidade de cada ensaio e as informações a respeito das amostras a serem ensaiadas ou inspecionadas. A ITA pode, a seu critério, solicitar a verificação de resultados de ensaios (controle ou contraprova) e verificar a conformidade do procedimento de execução com a prática de controle da empresa.

O fabricante deve comunicar a ITA toda a alteração significativa realizada na formulação do produto após a concessão para possíveis revisões do DATec. No Quadro 24 são descritas as atividades a serem controladas pelo proponente no processo de aceitação dos materiais em fábrica e a serem verificadas pela ITA.

**Quadro 24 - Controle de aceitação dos materiais em fábrica**

| Material                                                             | Requisito                                                                           | Método de avaliação                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alumínio silicato                                                    | Umidade, granulometria e teores de alumínio e silicato presentes na argila          | Ensaio de laboratório e análise quantitativa por espectrometria fluorescência de raios-X                           |
| Catalizador (Solução de hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio) | Marca e validade dos hidróxidos e concentração da solução dos hidróxidos em água    | Avaliação de relatórios de controle tecnológico do fabricante em conformidade com seu tipo e ensaio de laboratório |
| Fibra de polipropileno                                               | Marca, tipo, quantidade e granulometria                                             | Avaliação de relatórios de controle tecnológico do fabricante em conformidade com seu tipo.                        |
| Resíduos minerais (Pó de granito)                                    | Umidade e granulometria                                                             | Ensaio de laboratório                                                                                              |
| Aglomerante hidráulico (Hidróxido de cálcio)                         | Marca, tipo, classe, quantidade e validade                                          | Avaliação de relatórios de controle tecnológico do fabricante em conformidade com seu tipo e classe                |
| EPS                                                                  | Marca, tipo (característica retardante a chama), umidade, granulometria e densidade | Avaliação de relatórios de controle tecnológico do fabricante em conformidade com seu tipo                         |
| Pó de borracha de pneu                                               | Granulometria                                                                       | Ensaio de laboratório                                                                                              |

No Quadro 26 são descritas as atividades a serem controladas pelo proponente no processo de fabricação de painéis e a serem verificadas pela ITA.

**Quadro 25 - Controle da qualidade na produção dos painéis**

| Atividades                                               | Requisito                                                                        | Método de avaliação                          |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Armazenamento das matérias primas                        | Condições adequadas conforme o descritivo de fabricação para cada material       | Inspeção visual                              |
| Controle do processo de produção (dosagem dos materiais) | Porcentagem em massa de cada material na dosagem conforme memorial de fabricação | Controle com equipamento de medição adequado |
| Processo de cura/queima                                  | Tempo e temperatura conforme descritivo de fabricação.                           | Controle com equipamento de medição adequado |
| Características dimensionais dos painéis                 | Desvios máximos de $\pm 5$ mm                                                    | Conforme anexo B                             |
| Armazenamento dos painéis em fábrica                     | Limite de 15 painéis empilhados                                                  | Inspeção visual                              |
| Rastreabilidade dos lotes                                | Presença de etiqueta identificação                                               | Conferência das etiquetas de identificação   |
| Embalagem do produto final                               | Limite de 5 painéis empilhados sobre pallets                                     | Inspeção visual                              |
| Transporte do produto final                              | Condições adequadas conforme o descritivo de fabricação                          | Inspeção visual                              |

No Quadro 27 são descritas as características dos painéis a serem controladas pelo fabricante pós-produção em fábrica.

**Quadro 26 - Controle da qualidade dos painéis pós-produção em fábrica - por lote**

| Atividades                                          | Requisitos                                                                                                 | Método de avaliação |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Dimensões e características geométricas dos painéis | Desvios máximos de $\pm 5$ mm                                                                              | Anexo B             |
| Aspecto visual                                      | Não deve apresentar defeitos sistemáticos ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada. | Inspeção visual     |
| Resistência a compressão                            | 1,0 MPa                                                                                                    | Anexo C             |
| Resistência a flexão                                | 1,4 MPa                                                                                                    | Anexo D             |
| Índice de absorção de água                          | $8\% \leq \text{absorção} \leq 22\%$                                                                       | Anexo E             |

## 6.2 Controle da montagem em canteiro de obras

Os painéis são montados em obra pelo proponente ou por terceiros, sob a supervisão e com a corresponsabilidade do proponente, por meio de documentação e assistência técnica, pois o comportamento do produto depende das condições de montagem em obra. No manual de instalação, devem constar os procedimentos de montagem, formas de armazenamento das peças e meios de transporte que serão necessários. A conformidade e a aplicação desses procedimentos serão verificadas pela ITA.

A ITA também deve realizar auditoria técnica em produtos instalados ou aplicados, para verificar se o comportamento está conforme o que foi avaliado no DATec e se as orientações do proponente estão sendo adotadas, conforme manual de uso, operação e manutenção do produto. O proponente, quando possível, deve encaminhar à ITA uma lista das obras (tanto em execução quanto finalizadas), nas quais foi empregado o uso dos painéis, para a seleção do local a ser auditado.

Depois de finalizada a aplicação dos painéis em obra, é necessário realizar a inspeção visual dos painéis executados, para identificar a existência de eventuais não conformidades, como deformações excessivas, desvio de alinhamento, quebras ou fissuras, ou outros que possam causar prejuízos ao desempenho do sistema construtivo. Caso alguma não conformidade seja encontrada, é imprescindível a identificação de suas causas e sua correção, de forma adequada. Para tanto, o proponente da tecnologia deve preparar documento que demonstre os critérios para a aceitação do produto aplicado e os eventuais procedimentos de correção.

No Quadro 28 são descritas as condições para aceitação do material na obra, enquanto o Quadro 29 exemplifica as principais atividades a serem controladas em canteiro de obras pelo executor da vedação vertical com painéis de geopolímero.

**Quadro 27 – Controle de Aceitação dos painéis em obra.**

| Atividades                                                                     | Requisitos                                                                             | Método de avaliação | Frequência de inspeção |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Características geométricas (altura, comprimento, largura, planeza e esquadro) | Desvios máximos de $\pm 5$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos.   | ANEXO B             | Lote recebido na obra  |
| Espessura das paredes do bloco                                                 | Desvios máximos de $\pm 2,5$ mm em relação ao padrão definido nos DATec's específicos. | ANEXO B             | Lote recebido na obra  |
| Densidade aparente                                                             | 1000 a 1800 kg/m <sup>3</sup>                                                          | ANEXO E             | Lote recebido na obra  |
| Resistência à compressão                                                       | Maior ou igual a 1,0 MPa                                                               | ANEXO C             | Lote recebido na obra  |
| Resistência à flexão, considerando dois apoios                                 | Maior ou igual a 1,4 MPa                                                               | ANEXO D             | Lote recebido na obra  |
| Índice de absorção de água                                                     | $8\% \leq \text{absorção} \leq 22\%$                                                   | ANEXO E             | Lote recebido na obra  |

**Quadro 28 – Exemplo das principais atividades a verificar durante a execução da vedação vertical com painéis de geopolímero**

| Etapas                                                                     | Requisitos                                                          | Método de Avaliação                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Armazenamento, transporte e recebimento do material                        | Condições adequadas conforme o manual do usuário para cada material | Inspeção visual baseada em projeto e procedimento de execução com auxílio de instrumentos de medição quando necessário |
| Marcação da vedação vertical no piso                                       | Conformidade às especificações e características do projeto         |                                                                                                                        |
| Produção da argamassa de assentamento                                      |                                                                     |                                                                                                                        |
| Assentamento da primeira fiada                                             |                                                                     |                                                                                                                        |
| Alinhamento da primeira fiada                                              |                                                                     |                                                                                                                        |
| Assentamento da segunda fiada                                              |                                                                     |                                                                                                                        |
| Alinhamento e prumo da segunda fiada                                       |                                                                     |                                                                                                                        |
| Assentamento, alinhamento e prumo das demais fiadas                        |                                                                     |                                                                                                                        |
| Colocação das telas de reforço na interface alvenaria/estrutura            |                                                                     |                                                                                                                        |
| Execução das vergas e contravergas                                         |                                                                     |                                                                                                                        |
| Produção da argamassa de fixação                                           |                                                                     |                                                                                                                        |
| Fixação da última fiada                                                    |                                                                     |                                                                                                                        |
| Shafts para instalações hidráulicas e eletrodutos para instalação elétrica |                                                                     |                                                                                                                        |
| Tratamento de estanqueidade em áreas molhadas e molháveis                  |                                                                     |                                                                                                                        |
| Revestimento                                                               |                                                                     |                                                                                                                        |

## **ANEXO A – Painéis geopoliméricos – Amostragem para os ensaios**

## A. Amostragem

Devem ser amostrados, no mínimo, seis painéis com o comprimento comercializado, para a realização dos ensaios previstos nessa Diretriz. A periodicidade da amostragem, conforme os lotes de fabricação, e ou o fornecimento, deve ser definida em consenso entre o fabricante e a ITA, sendo descrita nos respectivos DATec's.

Os corpos de prova a serem ensaiados devem ser identificados, limpos, ter as rebarbas retiradas e mantidos em ambiente protegido que preserve suas características originais. Devem ainda ser previstos, no mínimo, seis painéis da mesma amostragem, para possíveis ensaios de contraprova.

Após a determinação da largura, comprimento e altura dos seis painéis com as dimensões comercializadas, devem ser obtidos, por meio de corte apropriado:

- Seis corpos de prova com relação altura/comprimento igual a 1:1 para o ensaio de compressão e as demais determinações das características geométricas;
- Três corpos de prova com no mínimo 1200 mm de comprimento para o ensaio de flexão;
- Seis corpos de prova com comprimento de 100 mm pela altura do bloco, para o ensaio de absorção e densidade aparente;
- Doze pares de corpos de prova de (50x150) mm, retirados da região entre alvéolos, para os ensaios de resistência aos ciclos de imersão e secagem, sendo 2 pares retirados de cada painel amostrado;
- Doze pares de corpos de prova de (50x150) mm, retirados da região entre alvéolos, para os ensaios de resistência ao envelhecimento em água quente, sendo 2 pares retirados de cada painel amostrado;
- Seis corpos de prova de (50x150) mm, retirados da região entre alvéolos, para os ensaios de variação dimensional por imersão e secagem, sendo 2 pares retirados de cada painel amostrado.

Caso os seis painéis amostrados não atendam aos comprimentos necessários para a realização dos ensaios, devem ser previstos em maior número ou amostras com maiores comprimentos.

## **ANEXO B – Painéis geopoliméricos – Determinação das características geométricas**

## B. Determinação das características geométricas

A determinação das características dimensionais, conforme item B.2, deve ser realizada com painéis inteiros e íntegros, de acordo com as dimensões fornecidas pelo fabricante. Para a determinação das características geométricas, conforme os itens B.3 à B.6, podem ser utilizados os corpos de prova obtidos por meio de corte apropriado, para os ensaios mecânicos de compressão, conforme item C.2. Visando facilitar o manuseio com as amostras.

### B.1 Instrumentos necessários

- Paquímetro de profundidade com resolução mínima de 0,1 mm;
- Régua metálica com resolução de 1,0 mm;
- Trena metálica com resolução de 1,0 mm;
- Esquadro metálico de  $(90 \pm 0,5)^\circ$ .

### B.2 Determinação das dimensões dos painéis

#### B.2.1 Procedimento

Os painéis devem ser posicionados sobre uma superfície plana e indeformável. As medidas da largura (L), altura (H) e comprimento (C), identificadas na Figura 6, devem ser realizadas em três pontos, sendo dois nas extremidades e um no ponto central.

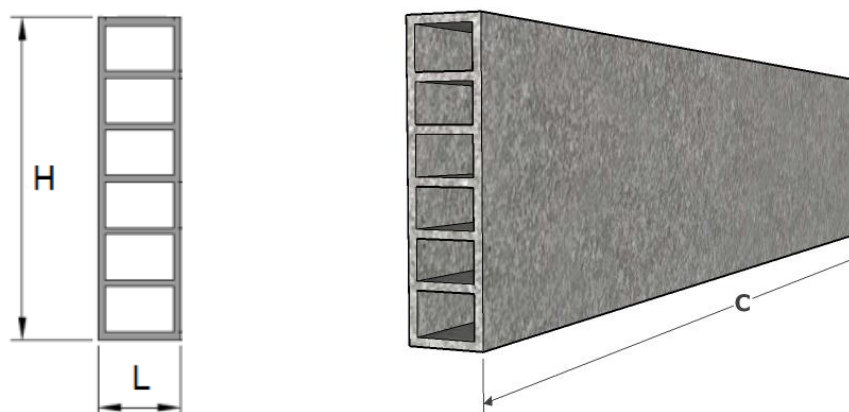


Figura 6 – Largura (L), comprimento (C) e altura (H) dos painéis.

#### B.2.2 Expressão dos resultados

Os valores de L, C e H são obtidos pela média das três medidas efetuadas em cada uma das dimensões dos painéis, sendo para a largura e altura com aproximação de 0,1 mm e, para o comprimento, 1 mm.

### B.3 Determinação da espessura dos septos e das paredes dos painéis

#### B.3.1 Procedimento

As amostras devem ser posicionadas sobre uma superfície plana e indeformável e as medidas das espessuras internas ( $e_i$ ) e externas ( $e_e$ ) dos septos devem ser realizadas na região central destes, em três e quatro pontos respectivamente, conforme ilustra a Figura 7.

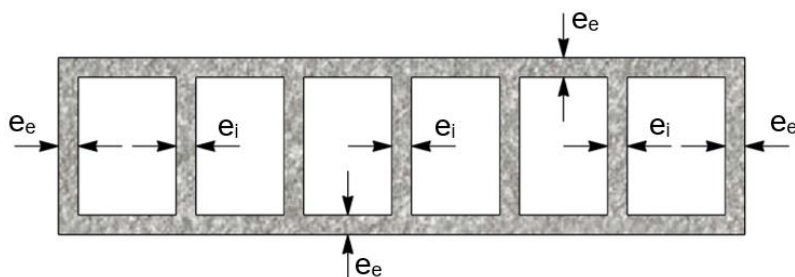


Figura 7– Posição esquemática das medições da espessura interna e externa dos septos.

#### B.3.2 Expressão dos resultados

O valor da espessura interna será representado pela média das três medidas executadas e o valor da espessura externa será representado pela média das quatro medidas executadas, com aproximação de 0,1 mm.

### B.4 Determinação da largura e da altura dos alvéolos

#### B.4.1 Procedimento

Para a determinação da altura interna do alvéolo ( $h_i$ ) e da base interna do alvéolo ( $b_i$ ), devem ser realizadas medições em três alvéolos alternados, conforme exemplificado na Figura 8.

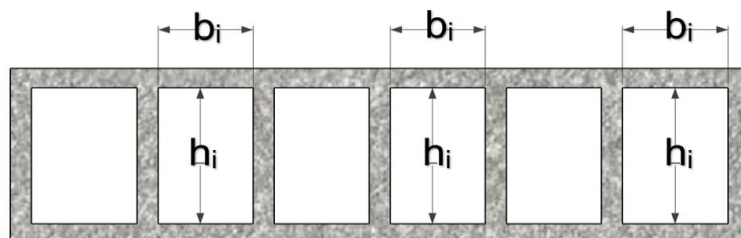


Figura 8 – Posições esquemáticas para as medições da largura interna e da altura interna dos alvéolos.

### B.4.2 Expressão dos resultados

Os valores da base e da altura interna serão determinados pela média das três medições obtidas nos alvéolos, com aproximação de 0,1 mm.

## B.5 Determinação do desvio de planeza das faces

### B.5.1 Procedimento

As amostras devem ser posicionadas sobre uma superfície plana e indeformável. Deve-se determinar a planeza das faces, com no mínimo três medições ao longo da flecha (F) formada, conforme ilustrado na Figura 9.

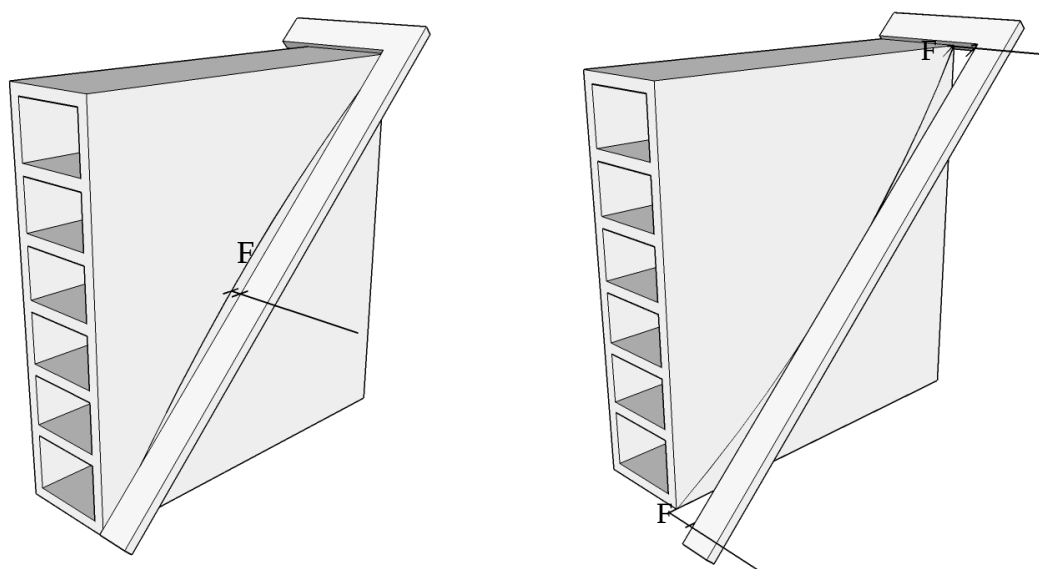


Figura 9 – Desvio da planeza das faces.

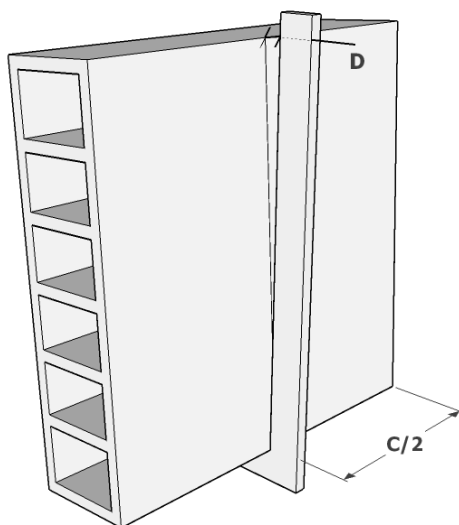
### B.5.2 Expressão dos resultados

Cada face deve ter apenas um valor para a planicidade, sendo este o maior valor encontrado nas medições, com aproximação de 0,1 mm.

## B.6 Determinação do desvio em relação ao esquadro (D)

### B.6.1 Procedimento

As amostras devem ser colocadas sobre uma superfície plana e indeformável. Deve-se medir o maior desvio em relação ao esquadro, entre uma das faces destinadas ao assentamento e a destinada ao revestimento do painel, conforme apresentado na Figura 10.



**Figura 10 – Desvio em relação ao esquadro.**

#### **B.6.2 Expressão dos resultados**

O desvio em relação ao esquadro, sendo este o maior valor encontrado nas medições, deve ser determinado com aproximação de 0,1 mm.

## **ANEXO C – Painéis geopoliméricos – Determinação da resistência à compressão**

## **C. Determinação da resistência à compressão ( $\sigma_c$ )**

### **C.1 Aparelhagem**

Para a execução do ensaio de compressão é necessária uma prensa que satisfaça as seguintes condições:

- Atenda aos requisitos da ABNT NBR NM-ISO 7500-1, classificada como Classe 1 ou melhor (Classe 0,5);
- Seja equipada com dois pratos de apoio, de aço, um dos quais articulado, que atue na face superior do corpo de prova e assegure a distribuição uniforme dos esforços;
- Quando as dimensões dos pratos de apoios não forem suficientes para cobrir o corpo de prova, uma placa de aço, com no mínimo 50 mm de espessura, deve ser colocada entre os pratos e o corpo de prova, sendo fixada na rótula superior da prensa, para que seu peso próprio não interfira na determinação do carregamento durante o ensaio;
- Ter instrumentos para permitir a leitura das cargas com aproximação de aproximadamente 2 % da carga de ruptura;
- Ser capaz de transmitir a carga de modo progressivo e sem choques.

### **C.2 Preparação dos corpos de prova**

Os corpos de prova devem ter relação altura/comprimento igual a 1:1. Antes do início dos ensaios, é imprescindível a preparação das bases, de modo que se tornem superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova, devendo ser capeadas, com pasta de enxofre ou pasta de cimento Portland, com espessura máxima de 3 mm em cada face.

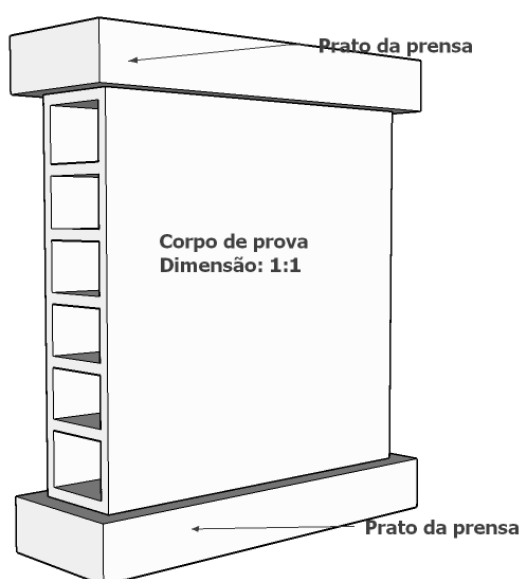
### **C.3 Determinação da área bruta ( $A_b$ )**

A área bruta da face da amostra é obtida pela expressão:  $A_b = L \times C$ . A largura (L) e o comprimento (C) do corpo de prova devem ser determinados conforme procedimentos descritos do item B.2. O valor médio da área bruta é expresso em milímetros quadrados, com aproximação decimal.

## C.4 Procedimento

Os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção do assentamento dos painéis, conforme apresentado na Figura 11.

O corpo de prova deve ser posicionado na prensa, de modo que o seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos. Proceder ao ensaio de compressão, regulando os comandos da máquina de ensaios, de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta, se eleve progressivamente à razão de  $(0,05 \pm 0,010)$  MPa/s.



**Figura 11 – Ensaio de compressão**

## C.5 Determinação da resistência à compressão

Os resultados obtidos pela fórmula abaixo devem ser expressos com aproximação de 0,1 MPa:

$$\sigma_c = \frac{P}{A_b}$$

Onde:

$\sigma_c$  = Resistência a compressão (MPa)

P = carga em Newton (N);

$A_b$  = área bruta (mm<sup>2</sup>).

## **C.6 Expressão dos resultados**

O resultado referente à resistência à compressão dos painéis geopoliméricos, ensaiados conforme este anexo, deve ser obtido pela média aritmética dos resultados de seis corpos de prova, apresentado com aproximação de 0,1 MPa.

## **ANEXO D – Painéis geopoliméricos – Determinação da resistência à Flexão**

## D. Determinação da resistência à flexão com dois apoios ( $\sigma_f$ )

### D.1 Aparelhagem

- Para a execução do ensaio de flexão é necessária uma prensa capaz de transmitir a carga de modo progressivo e sem choques, que tenha instrumentos para permitir a leitura das cargas com aproximação de  $\pm 2\%$  da carga de ruptura e atenda aos requisitos da ABNT NBR NM-ISO 7500-1, classificada como Classe 1 ou melhor (Classe 0,5);
- Trena metálica com resolução de 1,0 mm;
- Barras circulares maciças de aço, com diâmetro de  $(20 \pm 2)$  mm e comprimento superior à altura do corpo de prova, conectadas por meio de articulação em um dos lados ao dispositivo de aplicação de carga;
- Cutelo com seção transversal retangular de madeira dura com seção transversal de  $(20 \times 20)$  mm e comprimento superior à altura do corpo de prova;
- Recomenda-se o uso de tira de borracha na interface entre o cutelo e o corpo de prova;
- Articulação metálica para um dos apoios inferiores de forma a garantir a estabilidade.

Na Figura 12 são apresentados os dispositivos de apoio para o ensaio de flexão.



**Figura 12– Detalhe do apoio para o ensaio de flexão**

### D.2 Preparação dos corpos de prova

Os corpos de prova, após a determinação das dimensões geométricas, devem ser cortados com comprimento de 1,20m. Antes do ensaio de flexão, devem ser mantidos no laboratório para a ambientação, por um período mínimo de 24h.

### D.3 Procedimento

O corpo de prova deve ser disposto horizontalmente sobre os cutelos de apoio, sendo o vão (V) entre eles de 1 m. O cutelo superior deve ser posicionado no centro do corpo de prova, conforme ilustrado na Figura 13. O acréscimo de carga deve ser realizado com uma velocidade contínua de  $(5 \pm 2)$  N/seg.

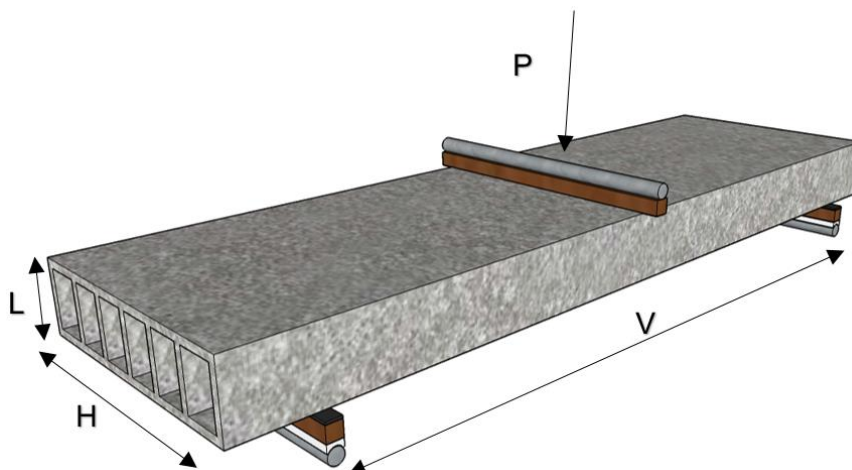


Figura 13– Ensaio de flexão a três apoios.

### D.4 Determinação da resistência à flexão

Os resultados obtidos pela fórmula abaixo devem ser expressos com aproximação de 0,1 MPa:

$$\sigma_f = \frac{3PVL}{2[HL^3 - (Nb_i h_i^3)]}$$

Onde:

$\sigma_f$  = Resistência a flexão (MPa);

P = carga em Newton (N);

V = comprimento do vão do ensaio (mm);

L = largura do corpo de prova conforme Figura 6 (mm);

H = altura do corpo de prova conforme Figura 6 (mm);

N = número de alvéolos;

$b_i$  = base interna do alvéolo, quando o painel estiver na posição do ensaio (mm), conforme Figura 13;

$h_i$  = altura interna do alvéolo, quando o painel estiver na posição do ensaio (mm), conforme Figura 13;

## **D.5 Expressão dos resultados**

O resultado referente à resistência à flexão dos painéis geopoliméricos, ensaiados conforme este anexo, deve ser obtido pela média aritmética de três corpos de prova, apresentado com aproximação de 0,1 MPa.

## **ANEXO E – Painéis geopoliméricos – Determinação do índice de absorção d'água e densidade aparente**

## **E. Determinação do índice de absorção d'água e densidade aparente**

### **E.1 Equipamentos necessários**

- Balança hidrostática com resolução mínima de 0,5 g;
- Estufa com temperatura ajustável a  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

### **E.2 Determinação da massa seca ( $m_s$ ):**

#### **E.2.1 Procedimento**

Submeter os corpos de prova à secagem por 24 h em estufa a  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , efetuando medições das massas dos corpos de prova com intervalos de 2 h até a obtenção de constância de massa, isto é, quando duas determinações sucessivas indicarem variação inferior a 0,25 % da massa original. A massa seca ( $m_s$ ), deve ser determinada com resolução mínima de 0,5 g.

### **E.3 Determinação da massa saturada ( $m_u$ ) e massa imersa ( $m_i$ ):**

#### **E.3.1 Procedimento**

Após a determinação da massa seca ( $m_s$ ), colocar as amostras totalmente imersas em água, a temperatura ambiente por no mínimo 24 h. Determinar inicialmente com auxílio de uma balança hidrostática o peso imerso dos corpos de prova ( $m_i$ ). Posteriormente, na condição de umidade saturada, devem ser removidos do recipiente e colocados em bancada para permitir a drenagem inicial, por um período máximo de 3 min, ou até que se perceba a secagem superficial dos corpos de prova. Antes da determinação da massa na condição saturada com superfície seca (SSS), enxugar com pano úmido, tanto na superfície quanto no interior dos alvéolos para a retirada de água superficial à amostra. A massa saturada ( $m_u$ ) e a massa imersa ( $m_i$ ), devem ser determinadas com resolução mínima de 0,5 g.

### **E.4 Determinação do índice de absorção d'água (AA)**

O índice de absorção d'água (AA) de cada corpo de prova é determinado com aproximação de 0,1 % conforme a expressão a seguir:

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

AA = índice de absorção d'água (%)

$m_u$  = massa saturada (g);

$m_s$  = massa seca (g);

### **E.5 Determinação da densidade aparente $\gamma_{ap}$**

A densidade aparente ( $\gamma_{ap}$ ) de cada corpo de prova é determinada com aproximação de 10 kg/m<sup>3</sup> conforme a expressão a seguir:

$$\gamma_{ap} = \frac{m_s}{m_u - m_i} \times 1000$$

$\gamma_{ap}$  = densidade aparente (kg/m<sup>3</sup>)

$m_u$  = massa saturada (g);

$m_s$  = massa seca (g);

$m_i$  = massa imersa (g);

### **E.6 Expressão dos resultados**

Os resultados referentes à absorção de água e densidade aparente dos painéis geopoliméricos, ensaiados conforme este anexo, devem ser obtidos pela média aritmética de seis corpos de prova. Os resultados de absorção de água devem ser apresentados com aproximação de 0,1 % e para a densidade aparente com 10 kg/m<sup>3</sup>.