

## Comportamento de sistemas de vedação vertical externa frente ao ensaio de ação de calor e choque térmico

### Comparative analysis between different facades systems performance within the heat/rain cycles test

*Guilherme Modesti(1); Guilherme Pereira(2); Luiz Gustavo Zuliani da Silva(3);  
Bernardo Fonseca Tutikian(4); Vinicius de Kayser Ortolan(5)*

1 Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: gmodesti@avalisinos.com.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8218-3183>

2 Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: guilherme.p18@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1896-556X>

3 Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: zuliani@uri.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2459-8882>

4 Prof. Doutor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: bftutikian@unisinos.br | <https://orcid.org/0000-0003-1319-0547>

5 Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: vkortolan@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6952-3147>

**Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 9, n. 2, p. 155-172, julho-dezembro, 2020 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2020.v9i2.4090>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora-chefe: Grace Tibério Cardoso

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

## Resumo

Um dos requisitos abordados pela NBR 15575:2013, mais conhecida por Norma de Desempenho (ND), está relacionado com a durabilidade das edificações e estabelece, como método de avaliação, o ensaio de Ação de Calor e Choque Térmico (ACCT), que verifica o comportamento de Sistemas de Vedação Vertical Externa (SVVE) frente a mudanças bruscas de temperatura. O objetivo deste artigo é revisar e comparar a metodologia proposta na NBR 15575-4:2013 com outras referências estrangeiras para a avaliação de sistemas de vedação vertical externo, bem como os resultados já publicados de diferentes sistemas construtivos frente ao ensaio de ACCT nacional. O método envolveu a coleta de dados de ensaios já realizados de acordo com a ABNT (2013b) e comparativo dos resultados obtidos em relação aos limites propostos em Norma e sua capacidade de validar a durabilidade de um sistema construtivo. Assim, constatou-se a existência de diversos métodos sendo empregados para realização do mesmo ensaio, inclusive com variação da dimensão das amostras. Em relação a outras normativas, verifica-se que a norma brasileira é menos exigente, devido ao ensaio ter o menor número de ciclos e com menor duração. Constatou-se, também, a facilidade no cumprimento do requisito de desempenho previsto na norma e, que há lacunas de especificação que dificultam a padronização dos procedimentos de ensaio, tais como tempo de aspersão e temperatura da água.

**Palavras-chave:** Desempenho das edificações. Durabilidade. Ação de Calor e Choque Térmico.

## Abstract

One of the requirements addressed by NBR 15575:2013, better known as the Performance Standard, is related to the durability of the constructions and establishes as its evaluation method, the Heat/Rain cycles test, which verifies the behaviour of façades in abrupt changes of temperature. The purpose of the study was to compare the methodology of NBR 15575-4:2013 and foreign references for evaluation durability, as well as to compare the results already published of different systems that were tested based on the Brazilian standard. The method involved the collection of data from tests already performed according to the ABNT Standard (2013b) comparing them to the limits proposed by the standard and its capability of validating the durability of a constructive system. Thus, it was verified the existence of several methods being used to perform the same test, including the variation of the sample's sizes. Compared to other standards, the Brazilian method is more lenient due to the more succinct test, with fewer cycles and duration. It has also been found that it is easy to comply with the performance requirement in the standard and that there are specification gaps that make it difficult to standardize the test procedures, such as sprinkling water time and water temperature.

**Keywords:** Building Performance. Durability. Heat/rain cycles test.

## 1 Introdução

A degradação prematura das edificações e seus sistemas vem se tornando uma das principais preocupações da indústria da construção civil, podendo ter origem em qualquer fase da edificação, seja no projeto, execução ou uso. De forma a garantir o desempenho adequado das edificações, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2013a) traz requisitos e critérios que, somados a uma manutenção adequada durante o uso, visam garantir o atendimento à Vida Útil de Projeto (VUP) (POSSAN; DEMOLINER, 2013; OLIVEIRA; FONTENELLE; MITIDIARI FILHO, 2014, SILVA, 2014, KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014; SOUZA; KERN; TUTIKIAN, 2018).

Dentre as exigências do usuário, descritas na NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), a durabilidade se destaca, pois, quanto maior for a vida útil deste sistema, menor será o consumo de recursos naturais e energia empregados para realizar a substituição por um novo (JOHN *et al.*, 2001; OLIVEIRA; FONTENELLE; MITIDIARI FILHO, 2014, SOUZA; KERN; TUTIKIAN, 2018).

Em relação aos requisitos de desempenho, para avaliação da durabilidade de Sistemas de Vedação Vertical Externas (SVVE), é especificado o ensaio de Ação do Calor e Choque Térmico (ACCT), consistindo de amostras expostas a ciclos sucessivos de aquecimento e resfriamento com aspersão de água. Sua análise visa detectar o surgimento de falhas como deslocamentos horizontais, fissuras, destacamentos, empolamentos e descolamentos que comprometam o sistema analisado (ABNT, 2013b). Conforme Silva (2011), a fissuração de revestimentos é uma das principais manifestações patológicas nos SVVE, demonstrando a importância do ensaio.

Ainda, Silva (2011) constata a maior concentração de manifestações patológicas em fachadas de orientação norte e oeste, as quais recebem maior insolação e, conseqüentemente, estão sujeitas a um maior gradiente térmico.

Assim, a determinação da durabilidade de um SVVE passa pela análise do seu comportamento diante de aquecimento e resfriamento. Ou seja, avaliar o comportamento do componente em ciclos de alta temperatura e resfriamento brusco (choque térmico) que, dessa forma, produzirá uma diferença de temperatura entre a superfície e interior do sistema e, conseqüentemente, tensões (OLIVEIRA; FONTENELLE; MITIDIARI FILHO, 2014, FONTENELLE *et al.*, 2017).

## 2 Referencial Teórico

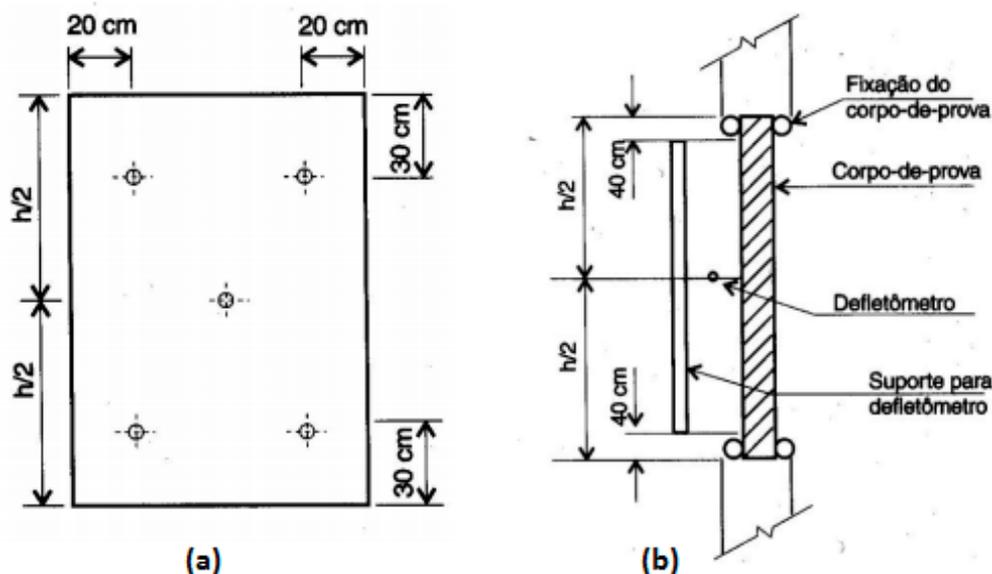
O ensaio de ACCT é descrito no Anexo E da norma NBR 15575 (ABNT, 2013b), propondo o aquecimento do sistema com painéis radiantes, estabelecendo uma temperatura superficial máxima que o SVVE atinge de 80 ( $\pm 3$ ) °C mantida por uma hora e posterior resfriamento brusco com aspersão de água.

Segundo ABNT (2013b), o aquecimento do corpo de prova é realizado por painel radiante, ou seja, esse processo pode ser realizado tanto por um painel com resistências elétricas, como também por lâmpadas incandescentes.

Não há, também, especificação quanto à forma de aspersão de água para resfriamento, ou eventual restrição de movimento do corpo de prova, causando diferentes interpretações que se refletem nas análises realizada. (LORENZI, 2013; LORENZI; RAMOS; AMORIM, 2017; FONTENELLE *et al.*, 2017).

Segundo a ABNT (2013b), para a realização deste ensaio, devem ser distribuídos cinco termopares na superfície do SVVE, com o objetivo de registrar a temperatura da superfície da parede. O corpo de prova deve ser fixado na posição vertical, com os defletores (painel radiante) posicionados frontalmente para o corpo de prova, além do defletômetro para a medição dos deslocamentos registrados, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1.** (a) Posicionamento dos termopares, e (b) fixação do corpo de prova e posicionamento do defletômetro



Fonte: ABNT (2013b, p. 45).

O diagnóstico dos resultados é expresso por análise visual do corpo de prova, com a ocorrência de degradação ao longo do ensaio, como por exemplo fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer o funcionamento do sistema. Também faz-se o registro de deslocamentos horizontais, medido em milímetros, em cada um dos dez ciclos do ensaio, durante a ação do aquecimento e resfriamento do corpo de prova, sendo que o SVVE não pode apresentar deslocamentos horizontais superiores a  $h/300$ , sendo  $h$  igual a altura do corpo de prova (ABNT, 2013b).

Ensaio comparativos vêm sendo realizados para identificar as possíveis variações nos resultados (SCHEIDT; LORENZI, 2014). Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho

(2014) realizaram ensaios buscando determinar a influência da aplicação de restrição de movimento. Constataram que ensaios com restrição dos movimentos dos corpos de prova, em sistemas leves e convencionais com revestimento argamassado, são mais rigorosos e apresentam comportamento de maior similaridade com a situação real. Já, em ensaios sem restrição, as amostras que atenderam aos critérios de avaliação apresentaram manifestações patológicas após seis meses de exposição em ensaio de campo.

Magalhães (2016) realizou análises comparativas em paredes de concreto com ar incorporado. Apesar de ter identificado resultados melhores em amostras com maior incorporação de ar, todos os protótipos atenderam aos requisitos da Norma. Situação similar é identificada por Lorenzi, Ramos e Amorim (2017) em ensaios de paredes de concreto com revestimento de painéis de PVC. Já Moraes (2015), Giorgi *et al* (2018) e Scheidt e Lorenzi (2017) realizaram ensaios demonstrando o desempenho atingido por diversos sistemas construtivos.

Outro quesito que é citado na norma refere-se à temperatura de aquecimento em  $80 (\pm 3) ^\circ\text{C}$ , que, segundo Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho (2014), é muito agressiva ao corpo de prova, extrapolando o bom senso do ensaio, sendo que, em normas e referências estrangeiras como a ETAG 004 (EOTA, 2013), ISO 8336 (ISO, 2017) E ASTM 1185-09 (ASTM, 2016), essa temperatura de aquecimento é mais baixa.

Ensaio similares são previstos em normas e documentos internacionais como a ASTM 1185-08 (ASTM, 2016), a ETAG 004 (EOTA, 2013), a AS/NZS-2908 (NZS, 2000) e ISO 8336 (ISO, 2017), porém com diferenças no procedimento de ensaios entre si, causando uma distorção nos resultados obtidos para comparação (FONTENELLE *et al.*, 2017). Na Tabela 1, apresenta-se um comparativo entre as normas ABNT NBR 15575-4:2013, ASTM 1185-08, ISO 8336:2017 e a ETAG 004.

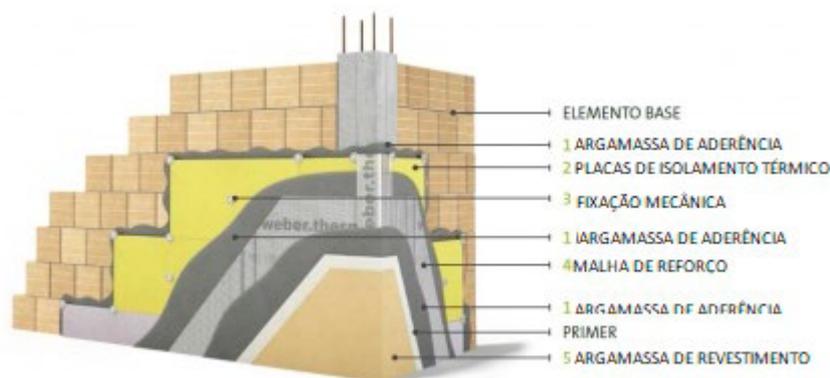
**Tabela 1.** Comparação entre prescrições de ensaio de Ação de Calor e Choque Térmico em diferentes Normas

Categoria	Parâmetros	Detalhamento dos Parâmetros		
		ABNT (2013b)	ASTM (2016) e ISO (2017)	ETAG (2013)
Aquecimento	Método de medição da temperatura de ensaio	Medição direta, realizada por meio de termopares posicionados sobre a superfície do corpo de prova	Medição indireta, realizada em corpo de prova referência/ placa metálica	Medição direta, realizada por intermédio de termopares posicionados sobre a superfície aquecida do corpo de prova
	Temperatura de aquecimento máxima	80 ± 3° C	60 ± 5° C	70 ± 5° C
	Tempo para atingir a temperatura de aquecimento máxima	Não estabelecido	Não estabelecido	1 hora
	Tempo de permanência na fase de aquecimento	1 hora	2 horas e 55 minutos	2 horas
Resfriamento com água	Temperatura da água	Indefinida, até atingir a temperatura superficial do corpo de prova de 20 ± 5° C	≤ 30° C	15 ± 5° C
	Tempo de aspersão	Indefinida, até atingir a temperatura superficial do corpo de prova de 20 ± 5° C	2 horas e 55 minutos	1 hora
	Temperatura após resfriamento do corpo de prova	20 ± 5° C	Não estabelecido	Não estabelecido
Ciclos	Tempo de cada ciclo	Aproximadamente 6 horas, dependendo da composição do sistema	6 horas	6 horas
	Quantidade de ciclos	10	25	80
	Intervalo entre ciclos	Não estabelecido	5 minutos	2 horas
Corpos de prova	Dimensões	≥ 3,0 m <sup>2</sup> (1,2 metros x 2,5 metros)	≥ 3,5 m <sup>2</sup>	≥ 6,0 m <sup>2</sup>
	Restrições de movimento das bordas	Sem restrições	Com restrições	Sem restrições
	Cor da superfície	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido

Fonte: Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho (2014).

A ETAG 004, guia europeu elaborado pela EOTA, tem como objetivo a análise de sistemas de vedação externa compostos por isolamento térmico e revestimento, com estrutura similar à Diretriz brasileira SINAT do Ministério das Cidades. A partir das suas diretrizes são criadas avaliações individuais (European Technical Assessments - ETAs) de diversos sistemas construtivos, similar à uma Diretriz de Avaliação Técnica - DATec (EOTA, 2013). Os sistemas construtivos avaliados nesta referência podem ser caracterizados como sistemas leves multicamadas, como pode ser observado na Figura 2, sendo compostos por isolantes térmicos pré-fabricados, usualmente fixados no lado externo de fachadas antigas no intuito de melhorar o seu desempenho térmico sendo complementado por proteções mecânicas e camadas de acabamento (argamassas, painéis metálicos, entre outros).

**Figura 2.** Exemplo de sistema construtivo de isolamento térmico sobre fachada existente



**Fonte:** Isover, Saint Gobain (2018). Traduzido pelos autores.

Conforme Griciute, Bliudzius e Norvaisiene (2013) e Govaerts *et al.* (2018), o ensaio proposto pela ETAG (2013), o mais prolongado dentre os apresentados, simula, de forma acelerada, os esforços que ocorrem em um SVVE equivalentes à vida útil do sistema. A análise pós ensaio ocorre através de inspeção visual, análise da resistência de aderência do sistema, resistência à impactos e permeabilidade ao vapor e água. Por outro lado, o ensaio indicado pela ABNT (2013b) propõe somente a análise visual e os deslocamentos sofridos durante cada ciclo.

Em relação à metodologia europeia, o ensaio é utilizado para avaliação da estanqueidade e desempenho higrotérmico de isolamentos térmicos externos de fachadas (SILVA *et al.*, 2016). Para tal avaliação, são utilizados ensaios complementares como resistência de aderência e impacto de corpo duro (VEIGA; MALANHO, 2010).

Veiga e Malanho (2010), Griciute *et al.* (2013) e Kvande *et al.* (2018) ainda destacam que o propósito do ensaio é avaliar a durabilidade do revestimento do isolamento térmico, usualmente argamassado ou plástico, com espessuras de 1 mm até 3 mm. Ou seja, avalia através de ensaio mais agressivo a durabilidade de revestimentos de pequena espessura que protegem isolamentos térmicos que se degradariam na presença de umidade.

Em relação à ASTM 1185-08, ISO 8336 e AS/NZS-2908, estas referências utilizam o ensaio para avaliação da durabilidade de telhas cimentícias frente à ação cíclica de molhagem, secagem e variação de temperatura, tanto para utilização em coberturas, quanto para vedações verticais internas e externas.

Portanto, este trabalho destaca o item durabilidade proposto na ABNT (2013b) e tem por objetivo compilar e analisar variações de metodologia e resultados já publicados de diferentes sistemas de vedação vertical externa frente ao ensaio de ACCT preconizado pela norma, comparando e destacando suas variações e limitações. Ainda, pretende comparar as prescrições de ensaio de ACCT em diferentes Normas.

### 3 Método

O método proposto envolveu a coleta de dados de ensaios já realizados de acordo com a ABNT (2013b), através de busca em artigos científicos publicados e relatórios de ensaios realizados pelo Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Apresenta-se no Quadro 1, os sistemas analisados, identificados em revisão bibliográfica e em relatórios de ensaios.

**Quadro 1.** Sistemas construtivos analisados

<b>Amostra</b>	<b>Fonte</b>	<b>Sistema ensaiado</b>
1	Oliveira <i>et al</i> (2014)	Sistema de vedação leve com estrutura em aço e vedação em chapas cimentícias
2	Oliveira <i>et al</i> (2014)	Sistema de vedação leve com estrutura em aço e vedação em chapas cimentícias com tratamento de juntas
3a	Oliveira <i>et al</i> (2014)	Sistema de vedação sem especificação do substrato com aplicação de isolante térmico rígido e revestimento argamassado
3b	Oliveira <i>et al</i> (2014)	Sistema de vedação sem especificação do substrato com aplicação de isolante térmico rígido e revestimento argamassado
4	Giorgi <i>et al</i> (2018)	Bloco vazado de solo-cimento com preenchimento com graute, argamassa de assentamento polimérica, sem revestimento argamassado e com resina impermeabilizante na superfície.
5a	Scheidt, Lorenzi (2014)	Alvenaria estrutural de blocos de concreto, argamassa de assentamento (cimento, cal, areia e aditivos) e revestimento em argamassa estabilizada.
5b	Scheidt, Lorenzi (2014)	Alvenaria estrutural de blocos de concreto, argamassa de assentamento (cimento, cal, areia e aditivos) e revestimento em argamassa estabilizada.
6a	Fontenelle <i>et al</i> (2017)	Alvenaria cerâmica com revestimento em argamassa
6b	Fontenelle <i>et al</i> (2017)	Alvenaria cerâmica com revestimento em argamassa
7a	Fontenelle <i>et al</i> (2017)	Sistema de vedação leve com estrutura em alumínio e vedação em placas cimentícias
7b	Fontenelle <i>et al</i> (2017)	Sistema de vedação leve com estrutura em alumínio e vedação em placas cimentícias
8	Moraes (2015)	Painéis de PVC preenchidos com concreto
9	itt Performance	Painéis de concreto de 25 MPa, unidos por junta grauteada
10	itt Performance	Bloco cerâmico estrutural, 4,5 MPa, (14x19x30) com revestimento externo composto por chapisco e reboco com argamassa industrializada, espessura 2,0 cm, e revestimento interno de gesso com espessura de 0,5 cm
11	Magalhães (2016)	Painéis de concreto de 20 MPa, sem revestimento.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os diferentes sistemas tiveram seu desempenho comparado para verificar quais atendem às prescrições normativas quanto à durabilidade de SVVE, quais sejam: deformação máxima identificada em relação à deformação máxima permitida e existência de manifestações patológicas após o ensaio. Tendo em vista as diferenças nos procedimentos de ensaio, analisou-se quais as principais diferenças metodológicas utilizadas quanto à forma de resfriamento e utilização de restrição de movimentação do corpo de prova, trazendo as principais alterações nos resultados que foram passíveis de identificação frente à diferença de metodologia de ensaio.

Complementarmente, realizou-se a comparação das diferenças entre as metodologias propostas na NBR 15575-4 (ABNT, 2013), em relação às Normas estrangeiras ETAG 004 (EOTA, 2013), ISO 8336 (ISO, 2017) E ASTM 1185-09 (ASTM, 2016).

## 4 Análise dos Resultados

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos através da análise dos sistemas ensaiados e coletados para este artigo. Verifica-se que 6 das 11 amostras (54%) seguiram a prescrição de ensaio da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) de não utilizar restrições de movimento nas bordas, enquanto outras 5 (46%) utilizaram situação mais restritiva. Isto também está relacionado com o objetivo dos trabalhos analisados de identificar as alterações nos resultados provocados por esta restrição.

**Tabela 2.** Apresentação da compilação de dados coletados

Amostra	Características de ensaio			Resultados do ensaio			Atendimento requisitos da ABNT NBR 15575-4:2013
	Restrição de movimento	Dimensões (m)	Temperatura da água de resfriamento (°C)	Deslocamento máximo permitido (mm)	Deslocamento máximo verificado (mm)	Constatação de manifestações patológicas	
1	Não	1,20 x 2,60	Não especificado	8,67	Não indicada	Sem manifestações patológicas	Atende
2	Sim	2,40 x 2,60	Não especificado	8,67	Não indicada	Sem manifestações patológicas	Atende
3a	Sim	1,20 x 2,60	Não especificado	8,67	Não indicada	Sem manifestações patológicas	Atende
3b	Sim	2,40 x 2,60	Não especificado	8,67	Não indicada	Existência de fissuras	Não atende
4	Não	1,25 x 2,38	5 à 22°C	7,93	1,03	Sem manifestações patológicas	Atende
5a	Não	1,25 x 2,38	Não especificado	7,93	0,45	Sem manifestações patológicas	Atende
5b	Sim	1,25 x 2,38	Não especificado	7,93	0,29	Sem manifestações patológicas	Atende
6a	Não	1,20 x 2,40	15°C	8,00	2,85	Existência de fissuras	Não atende
6b	Não	2,40 x 2,40	15°C	8,00	2,67	Sem manifestações patológicas	Atende
7a	Sim	1,20 x 2,40	15°C	8,00	2,53	Sem manifestações patológicas	Atende
7b	Não	2,40 x 2,40	15°C	8,00	3,34	Sem manifestações patológicas	Atende
8	Não	1,20 x 2,40	Não especificado	8,00	3,04	Sem manifestações patológicas	Atende
9	Não	1,15 x 2,70	15°C	9,00	0,40	Sem manifestações patológicas	Atende
10	Não	1,20 x 2,40	15°C	8	1,42	Sem manifestações patológicas	Atende
11	Sim	1,10 x 1,10	Não especificado	3,67	0,66	Sem manifestações patológicas	Atende

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com exceção da amostra 6a, as demais atenderam ao requisito de desempenho especificado no Anexo E da ABNT (2013b). A amostra 3b foi ensaiada em situação mais agressiva, com restrição de movimentos e comprimento maior do que o determinado normativamente. Ambos os casos de reprovação estão relacionados ao surgimento de fissuras nos revestimentos e não à deslocamentos superiores aos permitidos.

Verifica-se que as amostras 3a e 3b, cujos sistemas construtivos são idênticos, porém, com dimensões diferentes de ensaio, apresentaram resultados divergentes. Os ensaios das amostras 3a como a 3b foram realizados com a restrição de movimentos horizontais, segundo Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho (2014), essa restrição foi adotada pois é uma situação mais rigorosa do que a norma atualmente prevê. A amostra de maior largura, superior ao especificado na ABNT NBR 15575-4:2013, apresentou maior degradação com surgimento de fissuras na superfície da amostra.

Para a amostra 4, destaca-se que o SVVE ensaiado foi aprovado quanto ao ensaio de ACCT. Segundo Giorgi *et al* (2018), verificou-se que a amostra, após ser resfriada a temperatura de  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ , praticamente não mais apresentava deslocamentos, mostrando que o sistema não sofreu movimentações significativas quando exposto a intempéries. Para as amostras 5a, 5b, 6a e 6b, foi constatado que o maior deslocamento ocorreu no ensaio sem restrição. Entretanto, foi citado que podem ter ocorrido erros de leitura nas amostras 5a e 5b (SCHEIDT; LORENZI, 2014).

Já em relação às amostras 7a e 7b, o maior deslocamento ocorreu na amostra 7b (sem restrição) que possuía, porém, o dobro do comprimento da amostra 7a. Segundo Oliveira, Fontenelle e Mitidieri Filho (2014), esse maior deslocamento sofrido pela amostra com maiores dimensões é justificado pela maior amplitude das movimentações higrotérmicas e, conseqüentemente, das maiores tensões sofrida pelo corpo de prova.

Quanto às dimensões dos protótipos, entende-se haver divergência entre a especificação normativa e o procedimento adotado nas amostras 4; 5; 6a e 6b; 7a e 7b; 8 e 11. Constata-se que os pés-direitos de tais protótipos eram inferiores a 2,50 m, e, portanto, em desacordo com a especificação do item 16.1.1 da ABNT (2013a).

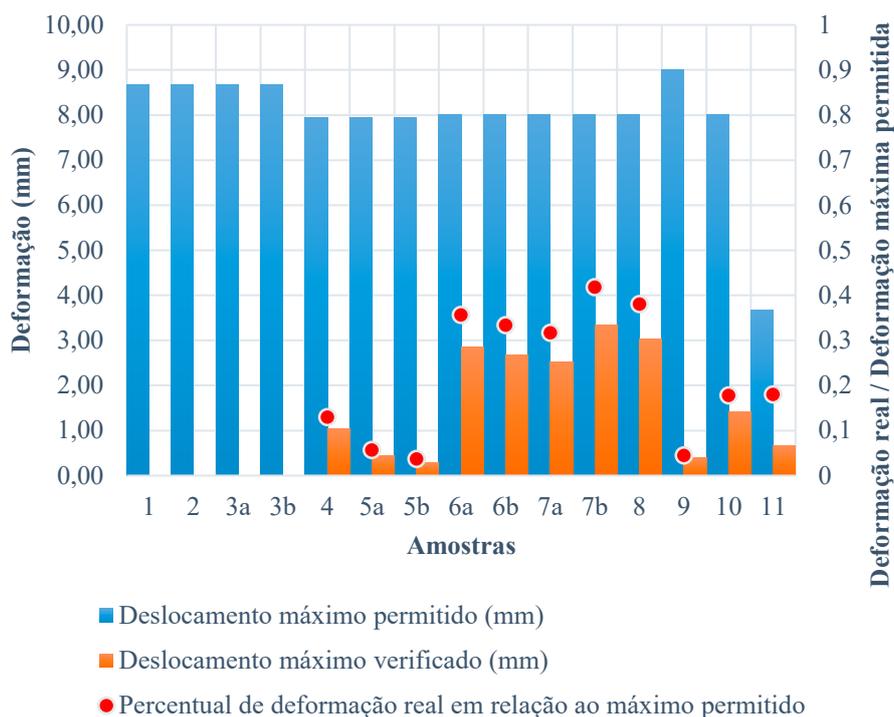
Quanto aos sistemas construtivos mais convencionais (alvenaria cerâmica com revestimento argamassado), salvo a amostra 6b, as demais (5a, 5b, 6a e 10) atenderam aos requisitos do ensaio, podendo indicar que o ensaio é brando até mesmo para sistemas convencionais, pois a espessura destes revestimentos é superior àquelas utilizadas nas avaliações estrangeiras cujas metodologias serviram de base para o ensaio nacional.

Quanto ao método de resfriamento, verifica-se que por não haver exigência normativa nacional, as amostras 1, 2, 3a, 3b, 8 e 11 não publicaram a informação de temperatura da água. Enquanto que na amostra 4, constata-se variação de mais  $17^{\circ}\text{C}$  ao longo dos ciclos, podendo influenciar nos resultados, sem ser possível precisar o quanto, havendo a informação de que o tempo de resfriamento variou de 1 minuto até

8 minutos em função da variação da temperatura. No caso das amostras 6a, 6b, 7a, 7b, 9 e 10, houve a padronização em 15°C. Salvo a referência da amostra 4, nenhuma das demais publicou o tempo de aspersão de água. A lacuna normativa permite tornar o ensaio de choque térmico com diferentes graus de intensidade, podendo gerar alterações nos resultados de ensaios.

Em relação à forma de avaliação quanto à existência de manifestações patológicas, nota-se que a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) é voltada para sistemas convencionais com revestimento argamassado e pintura, pois se baseia na existência de fissuras, destacamentos e empolamento. Entretanto, para outros sistemas como paredes de concreto, painéis cimentícios e painéis de PVC, a forma de avaliação não é eficaz, pois as condições de ensaio (temperatura, número de ciclos e inexistência de restrições), aparentemente, não geram esforços capazes de provocar uma degradação acelerada nestes sistemas. Isto é evidenciado nas amostras 8, 9 (que não possuem restrições de movimento) e 11, onde não surgiram manifestações patológicas e os deslocamentos atingiram 38%, 4% e 18%, do máximo permitido, respectivamente. Na Figura 3 está demonstrado o comparativo entre os deslocamentos reais e os limites normativos.

**Figura 3.** Comparativo da deformação real com a máxima permitida



**Fonte:** elaborada pelos autores.

Observa-se que todas as amostras cujas deformações máximas foram publicadas apresentaram valores consideravelmente inferiores ao valor limite admissível. A amostra 7b apresentou percentual de deslocamento real equivalente a 42% do máximo permitido. Esta amostra possuía o dobro da largura especificada para o ensaio de ACCT e, conseqüentemente, se tratou de ensaio mais agressivo.

Comparando a amostra 8, que apresentou o segundo maior deslocamento, com as amostras 9 e 11 (que também possuem núcleo de concreto), verifica-se que a diferença pode estar atrelada ao revestimento em PVC, pois as dimensões de amostra eram similares. Considerando o coeficiente de dilatação térmica do PVC como  $70 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e o do concreto como  $11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , entende-se que esta diferença está relacionada com a deformação do perfil de revestimento.

Os protótipos analisados que seguiram as prescrições normativas para o ensaio tiveram deformação entre 4% e 38% do máximo permitido.

A comparação entre o propósito de avaliação entre as Normas estrangeiras e a nacional indica que o ensaio não é adequado para avaliação de sistemas robustos. Verifica-se que o enfoque da ASTM 1185-08 (ASTM, 2016), ETAG 004 (EOTA, 2013), AS/NZS-2908 (NZS, 2000) e ISO 8336 (ISO, 2017) é a avaliação de sistemas construtivos leves, seja com telhas de materiais cimentícios ou de sistemas de isolamento térmico e não para paredes em alvenaria com revestimento argamassado ou em concreto, sistemas construtivos usualmente utilizados no Brasil. Importante destacar a diferença de espessura entre 1 mm e 3 mm do revestimento argamassado ensaiado nos sistemas de isolamento térmico pela ETAG 004 (relatada na bibliografia (KVANDE *et al.*, 2018; GRICIUTE *et al.*, 2013) em relação à espessura de revestimento externo utilizado no Brasil, entre 20 mm e 30 mm, conforme NBR 13749 (NBR, 2013c).

Além do enfoque diferenciado, verifica-se que o tempo de aquecimento e o número de ciclos de aquecimento e resfriamento também foi reduzido em relação às referências estrangeiras, diminuindo o grau de agressividade do ensaio (embora tenha ocorrido o aumento da temperatura máxima em  $10^\circ\text{C}$ ). Ainda, a inexistência de restrições nas bordas, somado à diminuição do tamanho das amostras faz com que as tensões geradas sejam inferiores à um mesmo ensaio seguindo a normativa europeia ETAG 004 (EOTA, 2013), conforme se verifica pela análise dos resultados nas amostras 3a e 3b, onde a amostra 3b teve maior degradação por ter maior dimensão e restrições nas bordas.

A necessidade de tornar a Norma nacional mais rígida já havia sido enfoque do estudo de Oliveira *et al* (2014), concluindo pela necessidade de adotar restrições de movimento e aumento da dimensão das amostras. Os resultados apresentados com apenas 1 de 11 amostras reprovando no ensaio, somado à comparação com o ensaio europeu ETAG 004 (EOTA, 2013) e da ASTM 1185-08 (ASTM, 2016), AS/NZS-2908 (NZS, 2000) e ISO 8336 (ISO, 2017) indica que o ensaio brasileiro é brando e insuficiente para avaliação da durabilidade de SVVE.

## 5 Considerações Finais

Constata-se a existência de diversos métodos sendo empregados no âmbito internacional e nacional para realização do mesmo ensaio, inclusive com variação da dimensão das amostras, evidenciado pelos resultados coletados.

Destaca-se que o atual método de ensaio de ACCT previsto na NBR 15575-4 (ABNT, 2013) não restringe os movimentos laterais dos corpos de prova, ou seja, deixando os sistemas dilatarem-se livremente, algo não adequado, pois, em casos reais, os sistemas em sua maioria são restringidos por pilares ou outros elementos construtivos, com capacidades térmicas maiores. Como consequência, tem-se esforços menores do que em situações reais e gerando uma situação mais branda do que à qual os sistemas estarão efetivamente expostos em uso.

Quanto à temperatura da água de resfriamento, existem poucas informações publicadas pela inexistência de parâmetro normativo, podendo influenciar no tempo de resfriamento e consequentemente na intensidade do choque térmico nos sistemas ensaiados.

Ainda, verificou-se que o método brasileiro é menos agressivo, devido ao ensaio com tempo reduzido, se comparado aos métodos propostos nas normas estrangeiras, embora seja utilizado para avaliação de durabilidade de sistemas mais robustos. Constatou-se a predominância de aprovação com aparente facilidade ao requisito de desempenho previsto para avaliação da durabilidade de SVVE's, podendo ser influenciado tanto pelo tempo de ensaio quanto pelas características do mesmo, como a falta de restrição de movimentos dos protótipos e quantidade de ciclos. Existem, também, lacunas de especificação que também dificultam a padronização dos procedimentos de ensaio como o tempo de aspersão, temperatura da água e restrições de movimento dos corpos de prova.

Entende-se que, nas condições atuais, o ensaio de durabilidade é brando e com critérios de avaliação aplicáveis, na maioria dos casos, apenas à sistemas construtivos convencionais com revestimento argamassado, como no caso de fissuras. Isto é evidenciado, não só pela aparente alta aprovação de sistemas construtivos, mas também pelo comparativo com as normativas estrangeiras, que utilizam tal metodologia para avaliação de sistemas construtivos leves.

Os resultados já publicados de sistemas construtivos ensaiados, somado o objetivo e metodologia de ensaio de normas estrangeiras com ensaio similar indicam a necessidade de adotar situação de ensaio mais agressiva, obtida, principalmente, pelo aumento de ciclos de exposição, adoção de restrições de movimentação e aumento dos corpos-de-prova.

## Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM C1185-08*: Standard Test Methods for Sampling and Testing Non-Asbestos Fiber-Cement Flat Sheet, Roofing and Siding Shingles, and Clapboards. Pennsylvania, EUA, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 15575-1*: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 15575-4*: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedação vertical internas e externas - *SVVIE*. Rio de Janeiro, 2013b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 13749*: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013c.
- AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD. *AS/NZS-2908*: Cellulose-cement products. Part 2: Flat sheets. 2000.
- EUROPEAN ORGANIZATION FOR TECHNICAL APPROVALS. *ETAG 004*: Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite System (ETICS) with Rendering. Brussels, 2013.
- FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V.; BRITO, A. C.; KANACIRO, C.; OLIVEIRA, L. A.; VITTORINO, F. Proposta de aprimoramento do ensaio de ação de calor e choque térmico na NBR 15575. In: FABRÍCIO et al. *Avaliação e desempenho de tecnologias construtivas e inovadoras: conforto ambiental, durabilidade e pós ocupação*, ANTAC/SCIENZA, Cap. 6, p. 127-168, 2017.
- GIORGI, P.; GRIGOLETTI, G. C.; LIMA, R. C. A.; LORENZI, L. S. Avaliação de sustentabilidade e habitabilidade de blocos de solo-cimento segundo a norma ABNT NBR 15575. *Revista Matéria*, v. 23, n. 03, 2018.
- GOVAERTS, Y.; HAYEN, R.; DE BOUW, M.; VERDONCK, A.; MEULEBROECK, W., MERTENS, S.; GRÉGOIRE, Y. Performance of a lime-based insulating render for heritage buildings. *Construction and building materials*, v. 159, 376-389, 2018.
- GRICIUTE, G.; BLIUDZIUS, R.; NORVAISIENE, R. The durability test method for external thermal insulation composite system used in cold and wet climate countries. *Journal of sustainable architecture and civil engineering*, v.1, n. 2, 50-56, 2013.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 8336*. Fiber-cement flat sheets. Product specification and test methods. Suíça, 2009.
- ISOVER, *Clima 34, o novo painel da Isovar para sistemas ETICS*. 2018. Disponível em: <https://www.isover.pt/noticias/clima-34-o-novo-painel-da-isover-para-sistemas-etics>. Acesso em 08/jun/2020.

- JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. Durabilidade e sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. In: WORKSHOP ELETRÔNICO SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos, 2001.
- KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/13). *Gestão e tecnologia de projetos*, v.9, 89-101, 2014.
- KVANDE, T.; BAKKEN, N.; BERGHEIM, E.; THUE, J. V. Durability of ETICS with Rendering in Norway—Experimental and Field Investigations. *Buildings* 8, 2018, 93.
- LORENZI, L. S. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaio experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térrea. 2013. *Tese* (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- LORENZI, L. S.; RAMOS, F.; AMORIM, L. Sistema de vedação vertical externo composto por concreto e PVC frente ao ensaio de ação ao choque térmico – Norma de desempenho NBR 15575/2013. In: XIV CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PATOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN – CONPAT, 14., 2017, Assunção, *Anais...* Assunção, Paraguai, 2017.
- MAGALHÃES, R. M. Análise de desempenho do sistema estrutural de paredes com ar incorporado. 2016. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- OLIVEIRA, L. A.; FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V. Durabilidade de fachadas: método de ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 53-67, 2014.
- POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral. *Revista Técnico-científica do CREA-PR*. 1. ed. 2013.
- SCHEIDT, N; LORENZI, L. S. Ensaio de ação e calor e choque térmico em sistemas de vedação vertical externas (SVVE). *XXVII Salão de iniciação científica da UFRGS*. 2014.
- SILVA, L.; FLORES-COLEN, I.; VIEIRA, N.; TIMMONS, A. B.; SEQUEIRA, P. Durability of ETICS and premixed one-coat renders. In: DELGADO, J.M.P.Q. (ed). *New approaches to building pathology and durability*. Portugal: Springer, 2016, p. 131-158.
- SILVA, M. N. B. *Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF*. 2014. *Tese* (Doutorado em estruturas e construção civil) – Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- SILVA, N. G. *Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica*. 2011. *Tese* (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SOUZA, J. L. P.; KERN, A. P., TUTIKIAN, B. F. Análise quantiquantitativa da norma de desempenho (NBR nº 15.575/2013) e principais desafios da implantação do nível superior em edificação residencial de multipavimentos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 13, n. 1, p. 127-144, 2018.

VEIGA, M. R.; MALANHO, S. Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS): Comportamento global e influência dos componentes. *3º Congresso Português de Argamassas de Construção APFAC*. 2010.