AVALIAÇÃO DA REAÇÃO AO FOGO DE PAREDES COMPOSTAS POR PLACAS DE POLIISOCIANURATO (PIR)

R. Oliveira
Acad. Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
São Leopoldo/RS; Brasil
roli@unisinos.br

G. G. Hennemann
Acad. Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
São Leopoldo/RS; Brasil
guilhermeghennemann@gmail.com

A. M. Gil
Eng. Civil/Mestrando
itt Performance/Unisinos
São Leopoldo/RS; Brasil
augustomg@unisinos.br

F.L. Bolina
Prof. Me. Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
São Leopoldo/Unisinos; Brasil
fabriciolb@unisinos.br

B. F. Tutikian
Prof. Dr. Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
São Leopoldo/RS; Brasil
bftutikian@unisinos.br

RESUMO

Painéis sanduíche de vedação vertical com espuma de poliisocianurato (PIR) como núcleo se caracterizam como um sistema construtivo inovador em ascensão, devido a elevada capacidade de isolamento térmico fornecida por esse polímero. Devido a exigência da Instrução Técnica nº 10 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo e algumas leis estaduais torna-se necessário conhecer o comportamento frente ao fogo. Este sistema é composto por revestimento metálico com espessura de 0,5mm em ambas as faces e núcleo de PIR, podendo ser fornecido com espessuras variadas. Avaliou-se, neste trabalho, o sistema construtivo com duas espessuras (5 cm e 15 cm), buscando maior conhecimento sobre suas características de reação ao fogo. Para isso, foram realizados os ensaios de não-combustibilidade, de ignitabilidade e de SBI (Single Burning Item). Torna-se interessante comportamento ao fogo do sistema, visto sua grande liebração de calor e a baixa liberação de fumaça. De forma geral, entende-se que o sistema construtivo com PIR pode ser utilizado em inúmeros segmentos da construção civil e ambientes de uma edificação, com restrições.

Palavras-chave: Reação ao fogo. Poliisocianurato. SBI. Ignitabilidade. Não-combustibilidade.

ABSTRACT

Vertical sandwich panels with polyisocyanurate foam (PIR) as core are characterized as an innovative construction system on the rise due to the high thermal insulation provided by this polymer. Due to the validity of NBR 15575 in 2013, it is necessary to know its fire behavior, being also a requirement of state laws and Technical Instruction No. 10 of the Fire Brigade of the State of São Paulo, base for other States. The evaluated system is composed of a metallic layer with thickness of 0.5mm in both as faces and core of PIR, and can be supplied in different thicknesses. Two identical systems are chosen, one having 5 cm and the other 15 cm. Seeking greater knowledge about the constructive system with insulation term, its characteristics of reaction to the fire were verified. For this, the tests of incombustibility, of ignitability and of SBI (Single Burning Item) were performed, and each test was performed according to its respective standard. It becomes interesting the behavior to the fire of the system, since it's deformation in the sheet metal, low smoke release and high heat release. In general, it was understood that the constructive system with PIR can be used in numerous segments of the civil construction and environments of a building, with restrictions.

Keywords: Reaction to fire. Polyisocyanurate. SBI. Ignitability. Non-combustibility.

1. INTRODUÇÃO

Sendo a segurança contra incêndio um dos requisitos, somado às leis estaduais e instruções técnicas do corpo de bombeiros sobre este tema, torna-se imprescindível conhecer o comportamento de sistemas compostos pela união de materiais com propriedades ainda não conhecidas. Neste contexto, o controle da reação ao fogo tem como critérios evitar a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e a sua propagação para outros cômodos.

A reação ao fogo tem por objetivo verificar como os materiais construtivos se comportam quando expostos ao fogo e se estes podem vir a contribuir com o incêndio (SEITO et al. 2008; COELHO, 2010) No entanto, verifica-se que, apesar da sua elevada importância para segurança dos usuários, a avaliação da reação ao fogo dos materiais construtivos por vezes não é considerada usual por grande parte dos profissionais da construção civil, como pode ser observado em diversos casos registrados ao longo dos últimos anos. Esta negligência pode ocorrer por diversas razões, entre elas a falta de formação no tema nas escolas de Engenharia e a disponibilidade de laboratórios e equipamentos para realização de ensaios para determinação da reação ao fogo dos materiais e sistemas construtivos (ZORZELA, L.; KOSTESKI, L. E, 2015)

A reação ao fogo, portanto, refere-se às transformações físicas e/ou químicas sofridas por um material exposto a elevadas temperaturas. A forma como os materiais se comportam diante do fogo depende das suas características constitutivas e da forma como é exposto às elevadas temperaturas. Sendo assim, realizam-se ensaios laboratoriais que permitem a verificação do maior ou menor potencial que eles possuem para contribuir com o incêndio, quando submetidos a diferentes situações de incêndio. A partir destas propriedades é possível definir os locais de sua aplicação em uma edificação, de modo a obter níveis aceitáveis de SCI, desde o processo produtivo da edificação.

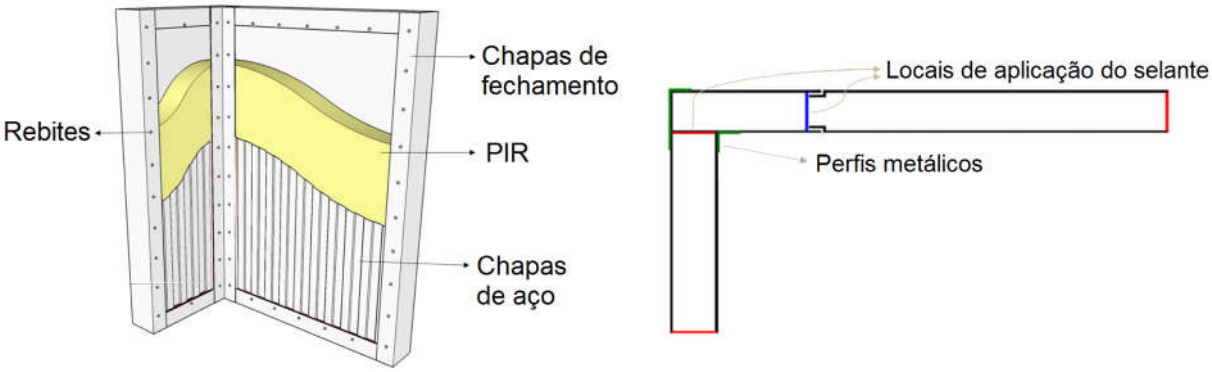
O poliisocianurato (PIR) é um polímero termoendurecido produzido como espuma e usado como um isolante térmico rígido devido a sua baixa condutividade térmica. As placas de PIR são utilizadas em casos que necessitam elevado isolamento térmico, como tubulações de sistemas de climatização, e mais recentemente têm sido utilizados na construção civil, incorporando sistemas construtivos de vedação vertical e horizontal (coberturas). Sendo este um novo tipo de material empregado, faz-se necessária a caracterização do seu comportamento frente ao fogo. O objetivo deste trabalho, portanto, foi o de avaliar a reação ao fogo de um sistema construtivo composto por placas de PIR através de ensaios de não combustibilidade, ignitabilidade e SBI (*Single Burning Item*).

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização das amostras

O sistema avaliado neste estudo é composto por painéis de PIR revestidos em ambas as faces por chapas de aço galvanizado pré-pintado, com espessura de 0,5mm, como apresenta na Figura 1. Simulando condições reais de aplicação, foram avaliados painéis com PIR de espessura 5 cm e 15 cm.

Figura 1 – Esquema da composição das amostras



Figura(a) Figura(b)

Fonte: Acervo do itt Performance/Unisinos

2.2 Método de Classificação

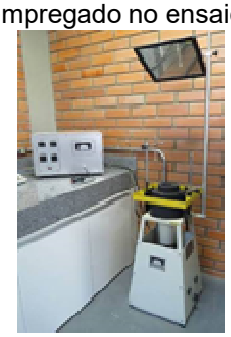
O procedimento para a classificação da reação ao fogo de produtos de construção é realizado de acordo com requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 16.626. Neste estudo, adotou-se o método de classificação pelo procedimento da norma EN 13823:2010 (CEN, 2010), que utiliza o resultado de outros dois ensaios complementares: o ensaio de não-combustibilidade (ISO, 2010) e o ensaio de ignitabilidade (ISO, 2010). Este método foi adotado por permitir a classificação de diversos tipos de materiais através de um único ensaio. Materiais considerados incombustíveis pelo ensaio ISO 1182:2010 (ISO, 2010) dispensam a realização de outros ensaios. Para os materiais combustíveis, verifica-se a capacidade de ignição do material por meio do ensaio de ignitabilidade e os índices de liberação de calor e fumaça pelo ensaio de SBI.

2.2.1 Ensaio de não-combustibilidade

A análise da combustibilidade do material foi realizada seguindo os procedimentos da norma ISO 1182:2010 – *Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test* (ISO, 2010). O corpo de prova (cilíndrico) da amostra, de diâmetro 45mm e altura 50mm, é inserido no forno, cuja temperatura se mantém constante em 750°C durante todo o ensaio. Termopares monitoram a temperatura no interior do forno, na superfície e no centro da amostra. A Figura 2 apresenta uma imagem do equipamento empregado na realização do ensaio.

A norma estabelece que os ensaios sejam conduzidos por no mínimo 30 min e no máximo 60min, dependendo de quando for atingido o equilíbrio de temperatura. No decorrer do ensaio três critérios são avaliados: a liberação de calor, o flamejamento e a perda de massa do material. A liberação de calor é verificada pela variação de temperatura no interior do forno, que está relacionada com a energia liberada pelo material durante o processo de combustão. A perda de massa é verificada pelos resultados obtidos na pesagem do material antes e após a exposição ao calor, enquanto que o flamejamento é verificado visualmente no decorrer do ensaio, onde é registrada a presença de chamas com duração maior do que 5 segundos. Para que o material seja considerado incombustível, o resultado obtido no ensaio de 5 amostras do mesmo material não deve apresentar um acréscimo de temperatura no interior do forno maior do que 30°C, perda de massa maior do que 50% e presença de chamas com duração maior do que 10 segundos.

Figura 2 – Equipamento empregado no ensaio de não-combustibilidade



Fonte: Acervo do itt Performance/Unisinos

2.2.2 Ensaio de ignitabilidade

A análise da ignitabilidade do material foi realizada segundo o procedimento de ensaio descrito na norma ISO 11925-2:2010 – *Reaction to fire tests – Ignitability of products subjected to direct impingement of flame* (ISO, 2010). O teste consiste na determinação das características de ignitabilidade da amostra quando exposta à chama de um queimador padrão na borda inferior e na superfície da amostra pelo período de 30 segundos. A chama é apagada e a amostra analisada por mais 30s, sendo a duração total do ensaio 60s. Apresenta-se na Figura 3 a câmara utilizada no ensaio. Avalia-se a ignição da amostra, o tempo necessário para a chama alcançar 150mm de altura e a liberação de partículas inflamáveis.

Figura 3 – Equipamento empregado no ensaio de ignitabilidade



Fonte: Acervo do itt Performance/Unisinos

2.2.3 Ensaio de SBI

Os ensaios são realizados segundo os procedimentos prescritos pela EN 13823:2010 – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a Single Burning Item* (CEN, 2010). O exemplar ensaiado consiste em duas partes posicionadas perpendicularmente uma a outra, de modo a simular o canto de uma edificação. Na junção entre as duas partes localiza-se um queimador que produz uma chama padrão através da combustão de gás propano difuso em uma caixa triangular com areia e ignição de 30,7kW (+/- 2,0kW), conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Visão geral do equipamento empregado na realização do ensaio de SBI



Figura(a)



Figura(b)

Fonte: Acervo do ITT Performance/Unisinos.

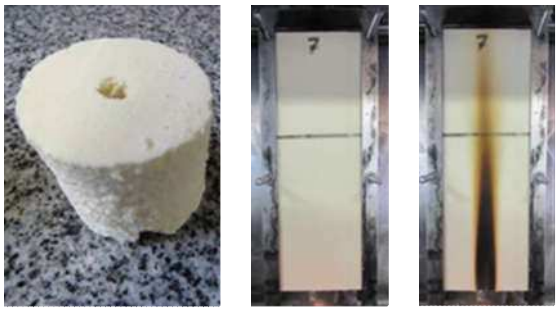
O ambiente de ensaio possui um duto de exaustão equipado com sensores para medir a temperatura, fração de mols de O_2 e CO_2, atenuação de luz e o fluxo de pressão diferencial induzida. Essas quantidades são registradas instantaneamente e utilizadas para calcular os índices de produção de calor e fumaça, e da propagação lateral da chama (LFS). Os índices se referem ao índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) e de fumaça (SMOGRA) e a liberação total de calor e fumaça nos primeiros 600 segundos de exposição às chamas (THR600s e TSP600s).

3. RESULTADOS

Considerando as duas camadas do sistema, os ensaios foram realizados em diferentes composições para caracterização do sistema. O ensaio de não-combustibilidade foi realizado utilizando uma amostra de PIR e foi dispensado para o revestimento metálico, uma vez que este pode ser considerado incombustível. O ensaio de ignitabilidade também foi realizado utilizando uma amostra de PIR, de modo a simular a pior situação de aplicação.

Os resultados dos ensaios de não-combustibilidade e de ignitabilidade são apresentados simplificadamente na Tabela 1. Na Figura 5 (a) e (b) é possível observar algumas das amostras utilizadas antes da realização do ensaio, enquanto que a Figura 5 (c) apresenta uma amostra após o ensaio de ignitabilidade. Não foi possível registrar o aspecto final da amostra após o ensaio de não combustibilidade, uma vez que o material se decompôs completamente.

Figura 5 – Amostras dos ensaios (a) de não-combustibilidade e (b) de ignitabilidade antes e (c) após o ensaio



Figura(a) Figura(b) Figura(c)

Fonte: Acervo do ITT Performance/Unisinos.

Tabela 1 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios de não-combustibilidade e de ignitabilidade

Sistema	Não-combustibilidade			Ignitabilidade		
	ΔT (°C)	**Δm (%)**	**t_f (s)**	**Ignição (S/N)**	**FS (s)**	**Gotejamento (S/N)**
PIR	128,9	100	301,02	Não	Não atingido	Não
ΔT	Acréscimo de temperatura no interior do forno					
Δm	Perda de massa da amostra após o ensaio					
t_f	Tempo de flamejamento no interior do forno					
FS	Tempo necessário para atingir a altura de 150mm					

Fonte: Autor, 2018.

Verifica-se através dos resultados obtidos que o material PIR é considerado combustível, pois atingiu o limite estabelecido para os três critérios avaliados no ensaio. No ensaio de ignitabilidade, não foi verificada a ignição do material, nem a propagação superficial de chamas ou liberação de partículas inflamáveis, o que apresenta um indício de bom comportamento do material. Percebe-se, durante o ensaio, que a própria espuma queimada cria uma barreira, evitando que as chamas se sustentem e propaguem. Para avaliação final do material, procedeu-se o ensaio de SBI, considerando as características reais de aplicação do sistema, com revestimento em chapas metálicas, em duas espessuras: 5 cm e 15 cm, cujos resultados são

apresentados na Tabela 2. As Figuras 6 e 7 apresentam o aspecto da amostra antes e após o ensaio de SBI do sistema mais fino e do sistema mais espesso, respectivamente.

Figura 6 – Amostras de SBI com espessura de 5 cm(a) antes e (b) após o ensaio



Figura(a) Figura(b)

Fonte: Acervo do ITT Performance/Unisinos.

Figura 7 – Amostras de SBI com espessura de 15 cm(a) antes e (b) após o ensaio



Figura(a) Figura(b)

Fonte: Acervo do ITT Performance/Unisinos.

Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios de SBI

Sistema	SBI				
	FIGRA (W/S)	**LFS (S/N)**	**THR600 (MJ)**	**SMOGRA (m^2/s^2)**	**TSP600 (M^2)**
e=5cm	122,6	Não	8,1	9,7	92,1
e=15cm	139,5	Não	8,0	14,1	95,8
FIGRA	Índice da taxa de desenvolvimento de calor				
LFS	Propagação lateral da chama				
THR600	Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas				
SMOGRA	Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência				
TSP600	Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas				

Fonte: Autor, 2018.

Através dos ensaios de SBI verificou-se que o material apresentou baixa liberação de fumaça, ficando abaixo dos limites de qualquer classe. O mesmo não ocorreu com os índices de liberação de calor, que limitaram a classificação do sistema, nas duas composições, na classe III-A. A espessura do sistema não pareceu exercer grande influência pela pequena diferença entre os resultados obtidos. No entanto, percebe-se que o sistema com maior espessura apresentou taxas de liberação de calor e de fumaça maiores,

conforme esperado. Notou-se, no início do ensaio, uma grande deformação da chapa metálica frente ao fogo, devido à sua baixa espessura e à sua baixa resistência às elevadas temperaturas. Esse fato faz com que as chamas atinjam o miolo do sistema construtivo e prejudiquem o desempenho do mesmo.

Baseado nos resultados encontrados e em avaliações visuais feitas percebe-se que a amostra de 15 cm teve um maior desenvolvimento de fumaça no início do ensaio do que a amostra de 5 cm, contudo no decorrer do ensaio os valores dos índices de liberação de fumaça convergiram para valores próximos A justificativa para isso é o resultado de TSP600s (produção de fumaça nos primeiros 600 segundos de exposição às chamas), no qual a amostra de 15cm teve uma produção maior. No entanto, percebe-se que as diferenças de resultado para parâmetros de fumaça são baixas e pouco significativas, o que leva a crer que apesar de as espessuras do sistema serem diferentes, a quantidade de PIR que queimou em ambas as amostras é semelhante, sendo assim, a espessura não exerce grande influência nos resultados finais.

No que diz respeito aos índices de liberação de calor, nota-se, novamente, que a amostra mais espessa teve um desempenho inferior, liberando mais calor. No entanto, percebeu-se por avaliações da espuma após o ensaio que a espessura da camada de PIR em combustão foi semelhante, fato que evidencia e justifica a proximidade dos resultados encontrados. Assim como verificado no ensaio de ignitabilidade, o PIR em combustão parece desenvolver algum tipo de proteção que evita a propagação das chamas e a combustão completa de todo o material.

4. CONCLUSÃO

Verifica-se que a classificação obtida permite o emprego do sistema em uma elevada gama de aplicações e que, apesar de este ser considerado combustível apresentou bom comportamento no que se refere à liberação de fumaça e da propagação de chamas, a liberação de calor pelo material de isolamento pareceu ser o fator governante em sua classificação. Cabe salientar que apesar do comportamento aceitável perante os critérios normativos, alguns estudos demonstram que a combustão do PIR pode produzir uma elevada quantidade de gases tóxicos, cujas características não são avaliadas, podendo comprometer a segurança dos usuários no caso de sinistros.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico e financeiro do Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575**: edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

COELHO, L. **Incêndios em edifícios**. Amadora: Edições Orion, 2010.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **BS EN 13823**: Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. Brussels, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1182**: Reaction to fire tests for products - Non-combustibility test. Brussels, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11925-2**: Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: single-flame source test. Brussels, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de bombeiros. **Instrução técnica n. 10/2011**: controle dos materiais de acabamento e revestimento. São Paulo: 2011. 10 f.

SEITO, A.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVIA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVE, V. P. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

ZORZELA, L.; KOSTESKI, L. E. **Reação Ao Fogo Dos Materiais De Acabamento Utilizados Nos Prédios Da Universidade Federal Do Pampa**. In: 3° Congresso Ibero-Latino-Americano de Segurança Contra Incêndios – CILASCI. Porto Alegre, 2015.