

Resistência do sistema construtivo tipo sanduíche com placas de poliestireno expandido revestido com argamassa industrializada

João Pedro Rizzotto¹
Gabriela Varela Bender²
Jorge Henrique Piva³
Aline Eyng Savi⁴
Wilson Menegon Bristot⁵
Elaine Guglielmi Pavei Antunes⁶

Resumo: A crescente procura por novos processos construtivos na construção civil com o intuito de agilizar a execução das edificações vem estimulando a modernização do setor da engenharia civil. Nesta contextualização destacam-se os sistemas construtivos mais tecnológicos e que permitem, além da agilidade, maior economia e sustentabilidade. Frente a estas necessidades, cita-se como opção neste mercado o sistema sanduíche com placas de poliestireno expandido (EPS). A argamassa que reveste os painéis deve possuir resistência mecânica suficiente para suportar os esforços atuantes, rigidez satisfatória a fim de evitar deformações excessivas, estabilidade física, química e dimensional, além de possuir elevada compacidade e baixa permeabilidade para funcionar com uma barreira eficiente à passagem de líquidos e gases no seu interior. Neste trabalho foi analisada a resistência à compressão de pequenas paredes no sistema sanduíche que foram revestidas com o uso de argamassa industrializada. Primeiramente, efetuou-se a caracterização física e mecânica da argamassa industrializada utilizada e posteriormente o ensaio de resistência à compressão das pequenas paredes. A resistência à compressão média das mini paredes atendeu as prescrições mínimas do sistema, conforme a NCH 802:1971.

Palavras-chave: resistência à compressão; argamassa industrializada; sistemas construtivos inovadores, desempenho estrutural, poliestireno expandido.

Resistance of the sandwich-type construction system with expanded polystyrene panels coated with industrialized mortar

Abstract: The growing demand for new construction processes in civil construction to speed up the execution of the buildings has been stimulating the modernization of the civil engineering sector. In this context, the most technologically constructive systems stand out, which allow, in addition to agility, greater economy and sustainability. In view of these needs, the sandwich system with expanded polystyrene (EPS) plates is an option in this market. The mortar coating the panels must have enough mechanical strength to withstand the working forces, satisfactory

¹ Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, rizzottojp@gmail.com.

² Graduação Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, gabrielabender15@gmail.com.

³ Engenheiro Civil, Me. em Engenharia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, jhpiva@unesc.net.

⁴ Arquiteta e Urbanista, Dra. Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Extremo Sul Catarinense, arquiteta.alinesavi@gmail.com.br.

⁵ Engenheiro Agrimensor, Dr. Engenharia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, wilson.bristot@unesc.net.

⁶ Engenheira Civil, Ma. em Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, elainegpa@unesc.net.

stiffness to avoid excessive deformations, physical, chemical and dimensional stability, besides having high compactness and low permeability to operate with an efficient barrier to the passage of liquids and gases inside. In this work the compressive strength of small walls in the sandwich system that were coated with the use of industrialized mortar was analyzed. Firstly, the physical and mechanical characterization of the industrialized mortar used was carried out and later the test of resistance to compression of the small walls. The average compressive strength of the mini walls complied with the minimum system requirements in accordance with NCH 802: 1971.

Keywords: compressive strength; industrial mortar; innovative construction systems, structural performance, expanded polystyrene.

Introdução

A construção civil no Brasil teve um crescimento acentuado na última década, com planos governamentais de incentivos para algumas classes, fato que fez com que o número de obras crescesse vertiginosamente. Entretanto, no Brasil os processos construtivos muitas vezes ficam aquém do desempenho requerido para as edificações. Conforme Agopyan (2016) a inovação é o grande desafio da construção civil e que se não houver inovação no setor rapidamente, vai se tornar inviável uma sociedade sustentável; isso já acontece em diversos países, é fundamental incorporar novas atitudes em relação ao desenvolvimento sustentável. Segundo Lopes (2015) os atuais processos construtivos da indústria da construção aponta que a inovação é urgente.

O processo construtivo convencional, nem sempre é o mais adequado economicamente, mesmo obtendo uma maior aceitação e mão de obra apta para sua execução, percebe-se a grande necessidade do desenvolvimento de processos que busquem a racionalização de mão-de-obra, agilidade, diminuição de custos e redução de desperdício (DELLATORRE, 2014). As preocupações com as questões ambientais, conforme Monteiro (2011), gradativamente, vêm ganhando espaço nos países, desenvolvidos ou não, pois a quantidade de resíduos geradas pelos processos tradicionais é alarmante.

A aplicação de algumas tecnologias recentemente introduzidas no setor da construção civil tem gerado, por vezes, dúvidas sobre a qualidade das edificações. No entanto, Melo (2014) diz que é consenso que as habitações devam proporcionar conforto e segurança a seus usuários, atendendo a suas necessidades ao longo do ciclo de vida das construções. No Brasil a preocupação com o desempenho mínimo das edificações ganhou espaço em anos recentes e foi expressa de forma documental na publicação da ABNT NBR 15575: 2013, que a partir daí,

estabeleceu requisitos mínimos de desempenho a serem seguidos, como vida útil e garantia para os principais sistemas que compõem as edificações.

O processo sanduíche com EPS representa um dos sistemas construtivos mais avançados do ponto de vista técnico, em termos de tempo, qualidade e economia. A ideia básica consiste na possibilidade de atender, ao mesmo sistema, exigências normativas de desempenho estrutural, de conforto térmico e de impermeabilidade, o que geralmente é um desafio complexo nos processos convencionais de construção (MAMMINI, 2015). O sistema sanduíche com uso de Poliestireno Expandido, conhecido como *Expanded PolyStyrene* (EPS), criado na Itália na década 80, com o objetivo de auxiliar as construções em regiões com abalos sísmicos e grandes variações de temperatura (PANHAN, 2013).

O sistema consiste em utilizar-se placas de EPS na região central das paredes e este ser envolvido externamente, em ambos os lados, por argamassa armada (tela metálica). A argamassa que reveste os painéis de EPS deve possuir resistência mecânica suficiente para suportar os esforços atuantes, rigidez satisfatória a fim de evitar deformações excessivas, estabilidade física, química e dimensional, além de possuir elevada compactidade e baixa permeabilidade para funcionar com uma barreira eficiente à passagem de líquidos e gases no seu interior.

O objetivo desta pesquisa visa analisar a resistência à compressão de pequenas paredes do sistema sanduíche com placas de poliestireno expandido revestidas com argamassa industrializada. Para tal, primeiramente efetuou-se a caracterização física e mecânica da argamassa industrializada empregada e posteriormente o ensaio de resistência à compressão das pequenas paredes.

Material e métodos

O fluxograma apresentado na Figura 1 define as etapas desenvolvidas na pesquisa, desde a caracterização de cada material envolvido e ensaios das minis paredes e também dos ensaios referentes à argamassa, em estado endurecido e fresco; assim como o ensaio de compressão; posterior a esses processos, a discussão dos resultados obtidos.

As placas utilizadas de EPS têm por dimensões 60 x 100 x 6 cm, densidade 15 kg/m³. Conforme dados do fabricante as placas atendem a ABNT NBR 7973:2007 quanto a absorção de água e a ABNT NBR 11752:2007 referente a resistência à compressão.

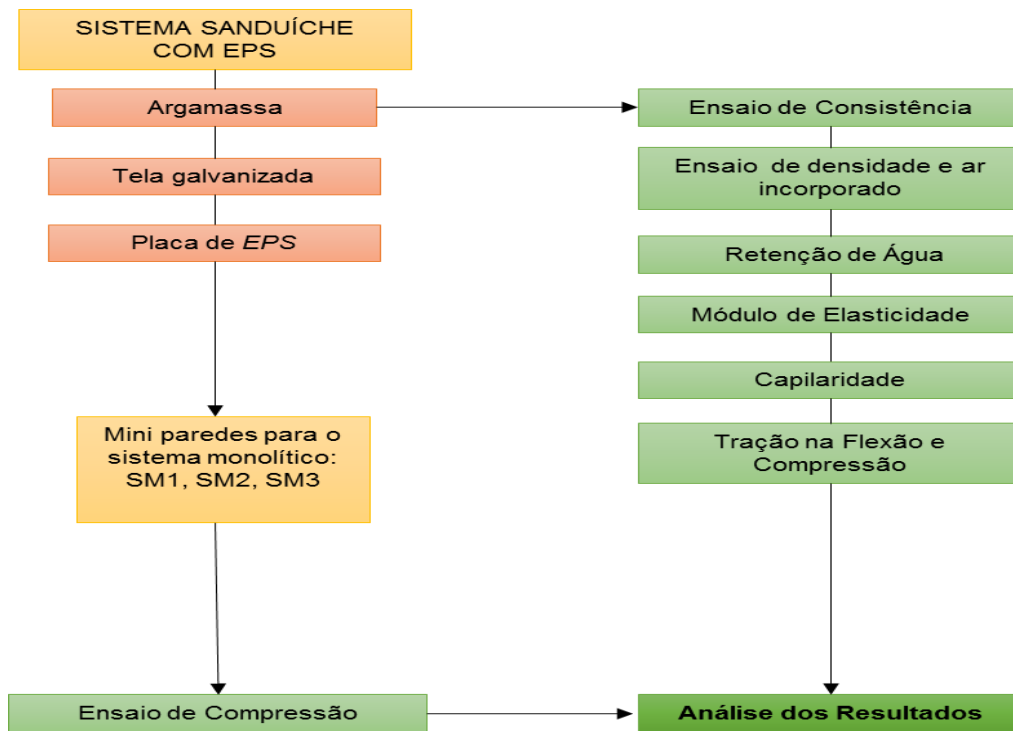


Figura 1. Fluxograma

Para fabricação das telas, Figura 2 (a), foi utilizado arame em aço galvanizado de *Birmingham BWG*, *Birmingham Wire Gauge*, com espessura 2,76 mm, onduladas.

A tela foi executada com espaçamentos transversais e longitudinais de 70 mm, em cada interseção entre os arames transversais e longitudinais realizou-se a soldagem MIG (*Metal Inert Gas*), Figura 2 (b). O arame de aço galvanizado utilizado, obtém tensão última de 600 Mpa, com limite de escoamento de $f_yk = 600$ MPa e limite de ruptura de $f_{tk} = 680$ MPa.

A argamassa utilizada para execução das mini paredes trata-se de argamassa industrializada para assentamento e revestimento. A caracterização da argamassa projetada foi através da execução de ensaios no estado endurecido e no estado fresco baseado nas ABNTs NBR's pertinentes e também com a ASTM C1329:2003, *Standard Specification for Mortar Cement*.

A montagem das mini paredes, Figura 3, do sistema sanduíche com EPS, decorreu primeiramente pela soldagem das telas electrossoldadas das duas faces entre si, para tal, utilizaram-se conectores que traspassaram a placa de EPS.

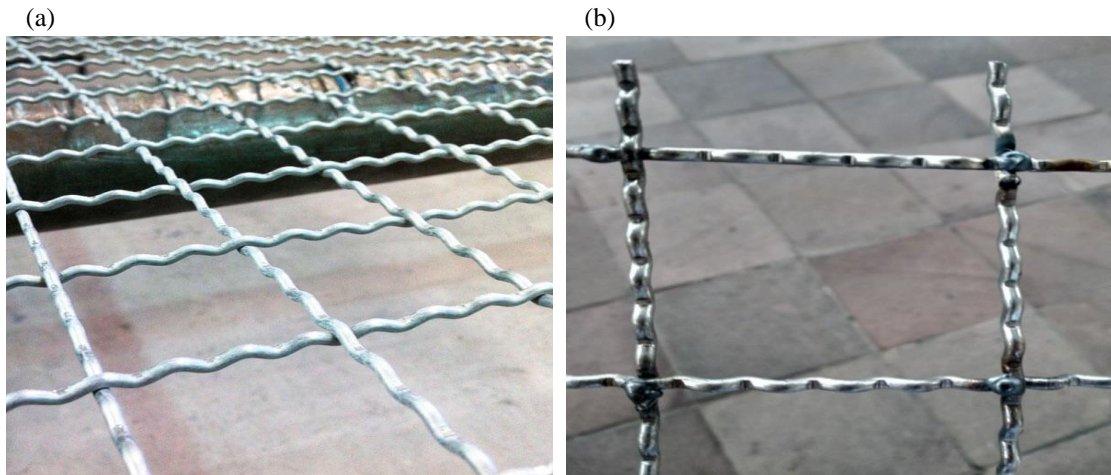


Figura 2. Tela metálica: (a) tela ondulada de aço galvanizado, (b) solda no encontro dos arames

A solda das barras longitudinais, transversais e conectores, foi executado por solda tipo MIG com o uso de gás inerte ao metal. Cabe-se salientar que a soldagem foi executada num tanque a fim de manter a integridade do EPS a altas temperaturas.

O revestimento com a argamassa utilizada tinha espessura de 3 cm, sendo que ela foi projetada e seguidamente sarrafeada com uma régua de madeira para melhor planicidade da argamassa sobre o sistema; chapas de madeira envolveram o sistema para melhorar a movimentação até a prensa. As mini paredes foram rompidas após 28 dias de cura.

Torna-se necessário o conhecimento das características físicas, no estado fresco e estado endurecido, e das propriedades mecânicas da argamassa utilizada na execução do sistema sanduíche com EPS. Tal verificação tem a função, por exemplo, de averiguar que se a referida argamassa atende as prescrições do sistema.

O ensaio para determinação do índice de consistência seguiu as diretrizes da ABNT NBR 13276: 2005. Para o ensaio para determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado utilizou-se a ABNT NBR 13278: 2005. O resultado da densidade é obtido em kg/m^3 e o teor de ar incorporado em percentagem. O ensaio para determinação de retenção de água seguiu a ABNT NBR 13277: 2005, o resultado obtido neste ensaio é dado em percentagem. O ensaio para determinação da resistência à tração na flexão e à compressão foi realizado conforme as prescrições da ABNT NBR 13279:2005. Os ensaios foram executados em corpos-de-prova com dimensões 4 x 4 x 16 cm, na idade de 28 dias. O ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, de acordo com a ABNT NBR 15259: 2005 deu-se pela inserção de corpos de prova prismáticos (4 x 4 x

16 cm) em contato com a água por 10 min (m10) e aos 90 min (m90). O ensaio para determinação do módulo estático de elasticidade à compressão seguiu a ABNT NBR 8522: 2008.



Figura 3. Montagem das pequenas paredes: (a) placa de EPS tela electrossoldada, (b) aplicação da argamassa sobre placa

As diretrizes relacionadas ao ensaio de compressão das pequenas paredes seguiram as prescrições da ABNT NBR 15270: 2017 quanto ao capeamento das minis paredes, velocidade de carga, aplicação do carregamento e tempo de cura. O capeamento aplicado sobre o sistema sanduíche com EPS foi de 10 mm; a velocidade de carga deve seguir uma razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s, já a aplicação de carga deve inicialmente, aplicar dois ciclos de carga e descarga, até o valor de 50% da carga de ruptura estimada. O tempo de cura realizado foi de 28 dias.

Resultados e discussões

A média resultante, 265 mm, encontrado na Tabela 1, atende a NBR 13276:2005, que recomenda o valor de (260 ± 5) mm e assim como à ASTM C1329:2003 (230 ± 5) mm). A argamassa em questão apresentou de forma homogênea e coesa e foi considerada de fácil

aplicação. A consistência obtida, está de acordo também com a argamassa utilizada na NCH 802:1971, que pede consistência (250 ± 5 mm), que utiliza argamassa não industrializada.

Tabela 1. Índice de consistência da argamassa

Teste	Índice de consistência		
	Espalhamento (mm)	Média (mm)	Desvio padrão (mm)
1	262		
2	265	265	3
3	268		

O ensaio de determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado resultou em uma densidade de $1753,17 \text{ kg/m}^3$. Este valor classifica-se em D4, que varia de 1600 a 2000 Kg m^3 , conforme ABNT NBR 13281:2005 que classifica os requisitos dos ensaios para argamassas de assentamento e revestimento. Já o teor de ar incorporado resultou em 19,22%, classificado como C, valores maiores que 18, em referência a ABNT NBR 13281:2005.

O ensaio de retenção de água (Ra) resultou em 78,57%, o valor encontrado está contido na classe U2, 72 a 85%, da ABNT NBR 13281:2005 e para a ASTM C1329:2003, se define como classe 2, abaixo de 85%.

Conforme Tabela 2, os valores encontrados para tração na flexão atendem a ABNT NBR 13281:2005 em relação à tensão, contidos na classe R1, valores menores a 1,5 MPa. Já para a ASTM C1329:2003, está contida como classe 1, entre 1 e 2 MPa.

Tabela 2. Resistência à tração na flexão da argamassa

Corpo de prova	Resistência à tração na flexão			
	Área (mm^2)	Tensão (Mpa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP1	1600	1,06		
CP2	1600	0,88	1,00	0,10
CP3	1600	1,05		

Conforme Tabela 3, os valores encontrados para tração na flexão atendem a ABNT NBR 13281:2005 em relação à tensão contidos na classe P2, valores que variam entre 1,5 a 3,0 MPa. Para a ASTM C1329:2003, está contida na classe 1, que varia de 1 a 3 MPa.

Tabela 3. Resistência à compressão da argamassa. (Fonte: Do autor, 2018)

Resistência à compressão				
	Área (mm ²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP1	1600	2,56		
CP2	1600	2,25	2,42	0,16
CP3	1600	2,44		

Os valores obtidos, conforme apresentados na Tabela 4, atendem a ABNT NBR 13281:2005, quanto ao coeficiente de capilaridade, contido na classe C1 da norma citada, valores menores a 1,5 (g/dm².min^{1/2}). Já para ASTM C1329:2003, os valores estão contidos na classe 3, entre 0,5 e 1.

Tabela 4. Determinação da absorção da água por capilaridade. (Fonte: Do autor, 2018)

Determinação da absorção da água por capilaridade						
Corpo de prova	Massa seca (g)	Massa (g) - 10 min	Massa (g) - 90 min	Absorção (g/cm ²) - 10 min	Absorção (g/cm ²) - 90 min	C (g/dm ² .min ^{1/2})
CP1	440,08	441,08	441,22	0,06	0,07	0,88
CP2	432,07	432,36	432,41	0,02	0,02	0,31
CP3	436,11	436,34	436,45	0,01	0,02	0,69
Média	436,09	436,59	436,69	0,03	0,04	0,63
Desvio Padrão	4,00	4,36	4,41	0,03	0,03	0,29

Os valores encontrados para módulo estático de elasticidade, Tabela 5, conforme a ASTM C1329:2003, menciona-se valores mínimos acima de 3 GPa.

Tabela 5. Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão

Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão			
Corpo de Prova	Ec (GPa)	Média (GPa)	Desvio Padrão (GPa)
CP1	4,36		
CP2	3,56	4,27	0,57
CP3	4,90		

O ensaio de compressão do sistema sanduíche com EPS, Tabela 6, apresentou valores aproximados entre as 3 amostras, com valor médio encontrado de 15,80 MPa, atendendo assim a NCH 802:1971, a qual requer valores iguais ou maiores que 10 MPa. Também se percebeu

o descolamento da argamassa junto a placa de EPS, porém não reparando danos visíveis a mesma e à tela de aço electrossoldada. De acordo com Medeiros (2017), os resultados em ensaios de compressão com painéis de 100 x 280 x 10 cm (largura x altura x espessura), os resultados de média para compressão e desvio padrão, 11,53 MPa e 1,3 MPa, respetivamente.

Tabela 6. Resistência à compressão do sistema sanduíche com EPS

Resistência à compressão			
	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
SM1	15,54		
SM2	15,87	15,80	0,23
SM3	15,98		

Para a argamassa no seu estado fresco e endurecido, os ensaios provaram que a argamassa industrializada atendeu aos requisitos estabelecidos pela ASTM C1329:2003, a qual referencia o uso de argamassa para o sistema sanduíche com EPS.

Conclusões

- ✓ Para os ensaios da argamassa, em estado fresco e endurecido, todas as normas referentes aos ensaios foram atendidas, ASTM C1329:2003, provando assim a capacidade do uso da argamassa para o sistema sanduíche com EPS.
- ✓ Para as pequenas paredes do sistema sanduíche o valor médio obtido para carga de ruptura foi de 15,80 MPa, tendo em vista em que a NCH 802:1971, requisita o valor mínimo para ensaio de compressão de 10 MPa.

Sugestões para trabalhos futuros:

- ✓ Analisar desempenho térmico e acústico do sistema sanduíche com EPS.
- ✓ Analisar desempenho frente a ensaios de corpo mole e corpo duro do sistema sanduíche com EPS.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481**: Tela de aço soldada, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7973**: Poliestireno expandido para isolamento térmico - Determinação de absorção de água, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Determinação do índice de consistência, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: Determinação de retenção de água, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, 2005.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1329**: Standard Specification for Mortar Cement, 2003.
- EMMEDUE. **Manual técnico. Sistema Constructivo avanzado**. Nicarágua: 2014. 90 p.
- NORMA CHILENA. NCH 802: **Compresión de paneles estructurales**, 1971.
- AGOPYAN, V. **A inovação é o grande desafio da construção civil**. Disponível em: <www.lattufe.com.br/a-inovacao-e-o-grande-desafio-da-construcao-civil>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

LOPES, M. **Sistemas construtivos sustentáveis: opções modernas e cada vez mais aplicadas.** Disponível em: <www.temsustentavel.com.br/sistemas-construtivos-sustentaveis-opcoes>. Acesso em: 12 de junho de 2018.

MONTEIRO, R. **Sustentabilidade na construção civil.** Disponível em: <www.meuartigo.brasilecola.uol.com.br/atualidades/sustentabilidade-na-construcao-civil>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

DELLATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional dissertação de graduação.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

MAMMINI, O. **O processo Monolite de construção com painéis de EPS.** Disponível em: <<http://www.brumanengenharia.com.br/mainTecnologia.html>>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

MELO, A. P. **Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais.** Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400007>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

PANHAN, R. **Painéis de EPS para construção: vantagens e desvantagens.**

Disponível em: <www.aecweb.com.br/cont/m/rev/paineis-de-eps-para-construcao-vantagens-e-desvantagens_11168_0_1>. Acesso em: 14 de junho de 2018.