

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE ISOLAMENTO TÉRMICO ENTRE LÃ DE VIDRO E LÃ DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EM ALVENARIA E GESSO ACARTONADO.

COSTACURTA, Victor. ¹
SANT'ANNA, Paola M. M. ²
BRESSAN, Rodrigo T. ³

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de um estudo desenvolvido com o objetivo de elucidar o desempenho obtido com a aplicação de lã de vidro e lã de PET em sistemas construtivos em alvenaria e gesso acartonado, com o intuito de fornecer um melhor conforto térmico aos usuários de edificações, de uma forma mais econômica e sustentável, reduzindo ou eliminando a utilização de equipamentos elétricos para climatização de ambientes. Dessa forma, foram executados seis protótipos, três em alvenaria e três em gesso acartonado, sendo em cada sistema construtivo um protótipo com a aplicação de lã de vidro, outro com lã de PET e um terceiro sem nenhum isolante, utilizado como referência, onde foram todos expostos as condições climáticas da cidade de Cascavel, Paraná, tendo temperaturas elevadas e amenas durante as medições. A leitura de dados foi realizada utilizando um termostato digital, onde executou-se medições durante o período de dois meses, três dias por semana, a cada dia com leituras sendo feitas pela manhã, tarde e noite. Com os dados obtidos foram feitas médias de duas em duas semanas e assim, criado tabelas e gráficos analíticos, para que com isto, se obtivesse uma base de dados relevante para a definição do melhor material para cada sistema construtivo e situação. Neste artigo, é observado que o isolante térmico lã de PET apresenta maior eficiência em comparação a lã de vidro, tendo menor variação térmica no ambiente o qual este material é aplicado, isto é notado quando aplicado a alvenaria e ao gesso acartonado.

PALAVRAS-CHAVE: Isolante térmico, conforto térmico, lã de PET, lã de vidro, gesso acartonado, alvenaria.

1- INTRODUÇÃO

Com as grandes variações climáticas no Brasil, é importante a implantação de métodos que forneçam conforto térmico aos ambientes. Isolantes térmicos permitem ao usuário um ambiente com temperatura equilibrada e sem gastos excessivos com energia elétrica.

É notado em todo o mundo que a utilização de energia elétrica voltada a climatização de ambientes obteve o maior crescimento entre as demais categorias de uso final, tendo seu índice triplicado entre 1990 e 2016. O conforto ambiental, normalmente gerado por meio de ventiladores elétricos ou aparelhos de ar condicionado, está contribuindo cada vez mais com o aumento demanda global de energia (*International Energy Agency* - IEA, 2018).

O uso de energia para conforto ambiental é o uso final em edifícios que mais cresce no mundo. No Brasil, apenas no setor residencial, estima-se que a posse de ar condicionado pelas famílias tenha mais que duplicado entre 2005 e 2017 (NT EPE 030/2018).

¹COSTACURTA, Victor, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: vcostacurta@minha.fag.edu.br.

²SANT'ANNA, Paola M. M., Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: pmm santanna@minha.fag.edu.br.

³BRESSAN, Rodrigo T., Mestre, Engenheiro Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR.

Os isolantes térmicos são utilizados com o objetivo de se obter um maior conforto térmico utilizando menor consumo de energia, sendo fundamental para o conceito de eficiência energética (MASCARÔ e MASCARÔ, 1992).

Com isto, este estudo se justifica pela importância de se realizar isolamento térmico em obras, tendo em vista o conforto que o usuário terá em seu ambiente além de se promover economia de energia que seria investida em equipamentos de climatização, como ar-condicionado e aquecedores. Promovendo vantagens importantes na utilização da edificação.

Nesse sentido, a realização deste trabalho busca analisar entre lã de vidro e lã de polietileno tereftalato – PET, qual isolante terá o melhor desempenho térmico quando comparados a um modelo de referência, sem nenhum isolante.

Para tanto, a pergunta a ser respondida por este estudo, será a seguinte:

Entre lã de vidro e lã de polietileno Tereftalato (PET), qual apresenta melhor desempenho quando aplicado em alvenaria e em gesso acartonado?

Este estudo estará limitado a aplicação destes isolantes térmicos a protótipos em alvenaria e gesso acartonado, executados no pátio de uma construtora de obras localizados na cidade Cascavel - Paraná, expostos as condições climáticas deste local. Sendo executadas as medições de temperatura externa e interna de cada protótipo utilizando um termostato digital, verificando se há o atendimento aos parâmetros estabelecidos na NBR 15.575 (ABNT, 2013) e analisando qual irá obter o melhor desempenho entre os dois. Com a coleta de dados sendo feita durante dois meses, três vezes por semana.

De acordo com todas as informações expostas anteriormente, este trabalho tem como objetivo geral analisar a eficiência de isolamento térmico entre lã de vidro e lã de PET expostos as condições climáticas da cidade de Cascavel – Paraná, pelo período de 8 semanas durante os meses de julho e agosto de 2021.

Salienta-se que para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

- a) Verificar a eficiência da utilização de lã de vidro e de PET como isolante térmico em gesso acartonado e em alvenaria;
- b) Comparar resultados obtidos através de medidas de temperatura interna e externa dos protótipos.

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância do conforto térmico

Segundo Frota e Schiffer (2001), a edificação deve fornecer ao usuário conforto térmico, com o intuito de se obter melhores condições de vida e saúde, permitindo que o organismo do mesmo funcione sem fadiga ou estresse. O conforto térmico deve ocorrer no interior da edificação, independente das condições climáticas externas. Com isto, deve-se observar que a intervenção humana na natureza por meio da urbanização, altera as condições climáticas, criando a necessidade de uma resposta térmica da edificação.

Ribeiro (2008), aborda que a disponibilização de equipamentos condicionadores térmicos trouxe aos projetistas a falsa ideia de que a preocupação com o clima não era mais tão relevante, considerando a existência de equipamentos que poderiam climatizar o ambiente artificialmente para fornecer ao usuário conforto térmico.

Ministério das Minas e Energia (2015), ressalta que os equipamentos de climatização têm sua utilização em crescimento relacionado ao aumento de renda da população. Elevando assim, o consumo de energia nas residências, onde estes equipamentos consomem atualmente 23% da eletricidade residencial, tendo a perspectiva de crescimento para aproximadamente 35% em 2050.

Para Primo (2008), os edifícios devem ter condições de conforto térmico no em seu interior que não necessitem gastos excessivos de energia. O isolamento térmico permite o alcançar este conforto nos edifícios com menor utilização de energia elétrica.

2.2 Isolamento térmico de uma edificação

É abordado por Chaiben (2014), que para reduzir as perdas térmicas, que é a transferência de energia do interior para o exterior do edifício e também os ganhos de calor, o isolamento térmico se mostra fundamental na constituição da fachada das edificações.

Conforme Mascarô e Mascarô (1992), o isolamento térmico em uma edificação é descrito pela impedância térmica que os materiais apresentam em sua composição, ou seja, é a dificuldade que se aplica a troca de calor entre o ambiente externo e o interno, sendo aplicado tanto para climas frios quanto a climas quentes.

O mesmo autor comenta que para clima quente-seco é indicado que se utilize o isolamento por inércia térmica, que tem a função de armazenar o calor recebido durante o dia e entrega-lo ao ambiente interno no período da noite, que em tese será mais frio, mantendo assim um ambiente sem grandes variações térmicas. No clima semiúmido, a aplicação do material mais conveniente é com isolamento por resistência térmica, apresentando baixa condutividade térmica, levando em consideração que não haverá grandes variações de temperatura do ambiente externo, e com janelas fechadas diminui a circulação de ar, tornando a inércia térmica ineficaz nesta situação climática.

Boabaid Neto (2009), define que o isolamento térmico consiste em proteger superfícies com diferente temperatura através da aplicação de materiais de baixa condutividade térmica, que apresentam porosidade em poros pequenos e paredes finas, aprisionando o ar nestas pequenas cavidades. O objetivo do isolante térmico é minimizar o fluxo de calor minimizando problemas técnicos como condensação, problemas econômicos com a economia de energia elétrica ou ainda pelo critério de conforto térmico.

Segundo Silva (2013), os isolantes térmicos são utilizados na construção civil como uma solução que permite a redução de consumo energético, o que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

2.2.1 Lã de vidro

Électricité de France - EDF (2012), descreve a lã de vidro como um composto de areia e vidro reciclado, feito por fusão e fibragem, embalado em painéis ou rolos dependendo da aplicação a que se destina, este material não propaga chama e tem resistência a água em curto prazo, porém com redução de sua função térmica. A durabilidade da lã de vidro é de cerca de 10 anos, diminuindo seu desempenho com o passar do tempo, tendo uma instalação simples pela sua estrutura flexível e elástica.

Segundo o Catálogo wallfet 4 + Isover (2014), que é fabricante deste material, a lã de vidro é conhecida mundialmente como um dos melhores isolantes térmicos, contribuindo na construção civil para a obtenção de conforto térmico e acústico das edificações comerciais e residenciais. Suas principais características são a leveza e facilidade na manipulação e aplicação, retardo a propagação de chamas em edifícios, não deterioração, não prolifera fungos ou bactérias, pode ser exposto a maresia, é imune a roedores, suportando temperaturas até 450°C em produtos resinados, e 550°C quando isento de resina.

2.2.2 Lã de polietileno tereftalato (PET)

De acordo com Barboza *et al.* (2016), a lã de PET é fabricada a partir de garrafas plásticas, sendo feita de 100% poliéster, material reciclado de garrafas PET, com seu desenvolvimento especialmente para isolamento térmico e acústico em sistemas *Drywall*, placas de gesso/cimentícia, *Steel Frame* e *Wood Frame*. Sendo um material que não absorve água, umidade e por isto não mofa.

Também é comentado pelos autores que pela tecnologia empregada a este material, as características originais se mantem por muito tempo, tendo uma vida útil que pode chegar a 100 anos. Sendo assim é um excelente isolante térmico que estabelece uma barreira para a passagem do calor, podendo ser utilizado em vários setores da construção civil.

É observado por Dias, Mazzurana e Piovesan (2017), que a condutibilidade térmica da lã de PET se assemelha a outros sistemas convencionais, sendo uma ótima opção para a substituição da lã de vidro. É um material reconhecido em normativas nacionais e internacionais, além de receber premiações voltados a sustentabilidade. Para o autor, a grande vantagem na utilização da lã de PET é além de retirar garrafas de plástico do meio ambiente, também economiza energia elétrica através do menor gasto com equipamentos para climatização de ambientes.

2.2.3 Alvenaria

Segundo THOMAZ *et al.* (2009) a alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos de estruturas de concreto armado. Não desempenhando função estrutural, apenas para suportar seu peso próprio.

Azeredo (1997), comenta que a alvenaria tem em entre suas principais funções, satisfazer o isolamento térmico e acústico, resistência a impactos, incombustibilidade e resistência a demais fatores.

Condeixa (2013), descreve a utilização de alvenaria como o sistema construtivo predominante no Brasil, sendo composto pela estrutura em concreto armado moldado in loco e fechamento em alvenaria não estrutural de tijolo cerâmico, rejuntado com argamassa.

Frota e Schiffer (2001), menciona o valor da condutividade térmica de parede de bloco cerâmico com revestimento argamassado como $0,68\text{W/m}^{\circ}\text{C}$, sendo definido este valor para os protótipos em alvenaria utilizados neste estudo.

2.2.4 Gesso acartonado

Condeixa (2013), comenta que o sistema de fechamento com placas em gesso acartonado é de uso exclusivo interno, que compreende estrutura leve de perfis metálicos de aço galvanizado como montantes e guias, sobre os quais são fixadas as placas de gesso, podendo ser recheadas com isolante térmico para aumentar a eficiência termo acústica, utilizando massa e fita para vedar juntas das placas.

No Brasil, são fabricados três tipos de painéis de gesso acartonados, o padrão e as chapas resistentes ao fogo e a umidade. Para projetos específicos em que necessitam de um tratamento acústico, esse procedimento é feito após o acabamento da montagem das placas (NAKAMURA, 2013).

Segundo Gomes, Puppo e Puppo (1976), o gesso acartonado em placa, tem a condutibilidade térmica de $0,35\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, portanto em sistemas com duas placas se obtém a condutibilidade de $0,7\text{W/m}^{\circ}\text{C}$.

3- METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de campo, em caráter comparativo, com levantamento da variação de temperatura externa e interna de protótipos durante dois meses em períodos semanais, que se localizaram no ambiente externo de uma construtora de obras no centro da cidade de Cascavel – Paraná. Os protótipos foram expostos as condições climáticas deste local, que tem como característica a variação térmica, onde conforme Quadro (APÊNDICE A) se observa que no período de 2011 à 2020 a média de variação anual é de $35,82^{\circ}\text{C}$, levando em considerações os dados do AgriTempo, desenvolvido pela Embrapa, observando esta média, nota-se a importância da análise de materiais isolantes térmicos, com a função de fornecer maior conforto térmico aos usuários que residem em cidades com grandes amplitudes térmicas, como Cascavel, Paraná.

Este estudo conta com o método comparativo entre os desempenhos de cada protótipo, onde se construiu três elementos em alvenaria e três em gesso acartonado, aplicando lã de PET e lã de vidro

como isolantes térmicos nestes protótipos. Foram executadas medições utilizando termostato digital para verificar a variação térmica interna de cada protótipo, após a coleta destes dados foi feita análise em caráter comparativo dos resultados obtidos.

3.2 Caracterização da amostra

As amostras deste estudo foram executadas em uma construtora no centro da cidade de Cascavel -Paraná, as quais são protótipos em forma de caixas, com 80 centímetros de largura e comprimento, com altura de 65 centímetros, classificadas conforme Figura 1:

Figura 1: Protótipo em alvenaria.



Fonte: Autores (2021)

3.2.1 Protótipo em alvenaria

Os três protótipos em alvenaria com medidas de 80x80x65 centímetros, foram montados sobre uma calçada existente, sendo executado com blocos cerâmicos com medidas de 9x14x19 centímetros, assentados com argamassa e com revestimento argamassados na face exterior, o fechamento superior destas amostras foi com uma laje de concreto armado com espessura de 5 centímetros, sendo feito um chanfro em argamassa na ligação deste elemento com as paredes em alvenaria, com o intuito de vedar a troca de ar do ambiente interno com o externo. No revestimento interno foi utilizado isolante térmico em dois protótipos e sem isolante nenhum no terceiro protótipo, que se empregou como

referência na análise dos dois isolantes térmicos objetos deste estudo, o modelo de protótipo utilizado se observa na Figura 2.

Figura 2: Protótipo em alvenaria.



Fonte: Autores (2021)

3.2.2 Protótipo em gesso acartonado

Os protótipos em gesso acartonado foram executados as mesmas medidas, 80x80x65 centímetros, montados com duas placas deste material, fixadas a perfis metálicos, tanto nas paredes, quanto da cobertura, ficando um vão entre as placas de 7 centímetros, onde um dos protótipos foi preenchido por lã de vidro outro com lã de PET e um terceiro sem nenhum isolante, estes protótipos foram montados sobre chapas de compensado resinado, podendo ser visto na Figura 3.

Figura 3: Protótipo em gesso acartonado.



Fonte: Autores (2021).

3.2.3 Lã de vidro

Neste estudo, utilizou-se a lã de vidro da fabricante Isover, do grupo Saint-Gobain, o produto em questão é o Wallfelt POP4+ de 50 milímetros, tendo como características a fácil aplicação, incombustibilidade, atendimento as normas e sustentabilidade, utilizando 65% de material reciclado na sua composição. Seus dados técnicos importantes para esta pesquisa são a resistência térmica, dada por $1,19\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$ e condutividade térmica de $0,042\text{ W/m }^\circ\text{C}$.

3.2.4 Lã de polietileno tereftalato (PET)

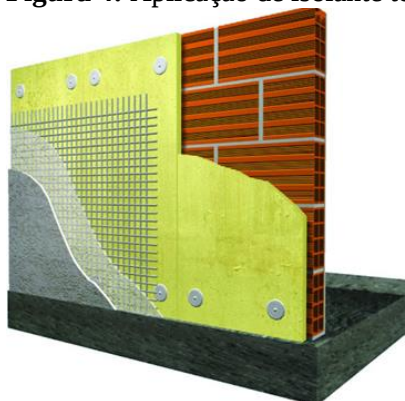
A lã de PET utilizada foi a manta de poliéster Wall 50mm, da fabricante Ecofiber. Este isolante é produzido em material totalmente reciclável, sendo autoextinguível, ou seja, não propaga chamas, é um material leve em comparação a outros isolantes e tem como características técnicas a resistência térmica de $1,2\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$ e condutividade térmica resultando em $0,0414\text{ W/m }^\circ\text{C}$.

3.2.5 Aplicação de isolante térmico em alvenaria

A aplicação do isolante térmico, tanto lã de vidro, quanto lã de PET, foram aplicadas na face interior do protótipo, diretamente ao bloco cerâmico, seria o ideal para a aplicação em alvenaria, a utilização de isolante térmico em placas, porém pela falta no mercado, executou-se com feltro de lã de pet e lã de vidro, onde ambas têm a mesma condutividade térmica para a placa e para o feltro.

A aplicação é feita por meio de buchas de fixação, tela de fibra de vidro, executado chapisco e emboço sobre o material isolante, conforme demonstrado na Figura 4.

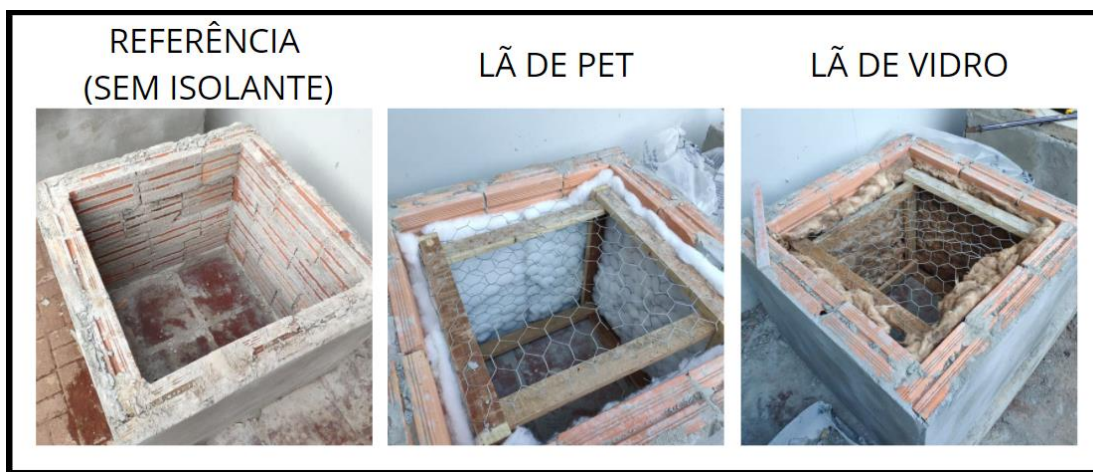
Figura 4: Aplicação de isolante térmico em alvenaria.



Fonte: www.fibrosom.com (2021).

Nesta etapa, foi observado dificuldade em encontrar os isolantes em formas de painéis, os quais são mais indicados a aplicação em alvenaria, porém, pelo fato de os isolantes em feltro apresentarem as mesmas características em relação a eficiência térmica, foram aplicados estes modelos, conforme observa-se na Figura 5.

Figura 5: Aplicação de isolante térmico em gesso acartonado.

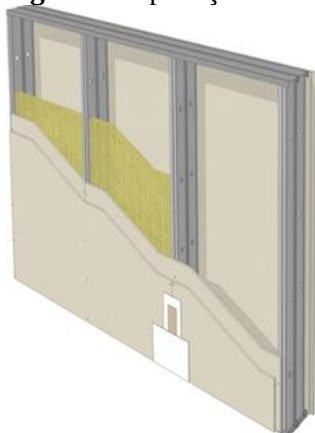


Fonte: Autores (2021).

3.2.6 Aplicação de isolante térmico em gesso acartonado

No gesso acartonado instalou-se entre as duas placas do sistema de gesso acartonado, não sendo fixado por telas ou parafusos, apenas prensados entre as placas de gesso e estruturas em perfis metálicos. Na Figura 6 representa a forma com que foi feito a aplicação do isolante térmico.

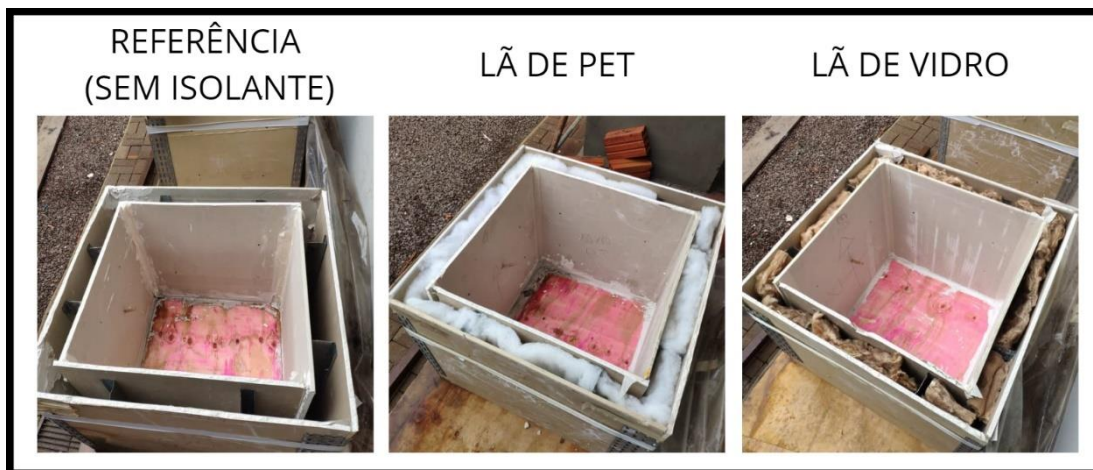
Figura 6: Aplicação de isolante térmico em gesso acartonado.



Fonte: <https://www.gypcenter.com.br> (2021).

Neste estudo, os dois tipos de isolantes térmicos foram aplicados de mesma maneira, não sendo encontradas dificuldades construtivas, conforme Figura 7.

Figura 7: Aplicação de isolante térmico em gesso acartonado.



Fonte: Autores (2021).

3.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada utilizando um termostato digital da marca Diy More, modelo DM-W3001, conforme Figura 8, este aparelho tem a faixa de medição de $-40^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ e precisão na medição de $0,1^{\circ}\text{C}$, segundo o manual do aparelho, o tempo para a estabilização da temperatura quando trocado de ambiente é de 5 minutos.

Figura 8: Termostato utilizado nas medições.



Fonte: Autores (2021).

Os procedimentos para a coleta ocorreram período matutino (próximo as 08:00h), período vespertino (próximo as 15:00h) e no período noturno (próximo as 23:00h) de cada dia de medição. Durante cada semana foram feitas leituras em três dias diferentes, por oito semanas dos meses de julho e agosto de 2021, completando com isto 72 medições para cada um dos seis protótipos.

As medições foram executadas introduzindo a sonda do termostato digital no interior de cada protótipo por meio de uma mangueira de silicone de 10 milímetros, e por lá foram mantidas por cinco minutos em cada, para que a sonda leia de forma precisa a temperatura interna de cada protótipo, conforme a Figura 9.

Figura 9: Leitura utilizando o termostato digital.



Fonte: Autores (2021).

Para a realização da referida coleta, foi utilizado o modelo do Quadro 1, em cada dia de leitura, foi marcado a semana de referência, data, temperaturas externas e internas de cada protótipo, durante os períodos da manhã, tarde e noite, para que juntando três medições se fizesse uma média semanal.

Quadro 1: Levantamento de dados.

LEITURA		SEMANA		DATA: / / 2021		
		MANHÃ		TARDE		NOITE
		TEMP. (°C)	HORA (h)	TEMP. (°C)	HORA (h)	TEMP. (°C)
EXTERNA INICIAL						
GESSO	REFERÊNCIA					
	LÃ DE VIDRO					
	LÃ DE PET					
ALVENARIA	REFERÊNCIA					
	LÃ DE VIDRO					
	LÃ DE PET					
EXTERNA FINAL						

Fonte: Autores, (2021).

3.4 Análise de dados

Após realizadas 72 (setenta e duas) medições em cada um dos protótipos, por fim realizou-se a média semanal em cada exemplar e por período do dia, totalizando ao final 24 (vinte e quatro) médias de cada protótipo para serem analisados.

Com estas vinte e quatro médias tabeladas no *software Excel*, foi analisado por meio de gráficos de linhas a comparação entre a temperatura externa do ambiente, e dos ambientes internos do protótipo de referência, protótipo com aplicação de lã de PET e protótipo com lã de vidro, ocorrendo tanto para o sistema construtivo de gesso acartonado, quanto para a alvenaria. Também se analisou por meio do mesmo modelo de gráfico a diferença da eficiência na aplicação do mesmo isolante térmico em sistemas construtivos diferente, seja eles, lã de PET no gesso acartonado e na alvenaria, e lã de vidro no gesso acartonado e alvenaria.

4- ANÁLISES E DISCUSSÕES

A captação dos resultados experimentais permitiu avaliar e comparar comportamento dos dois isolantes térmicos, quando aplicados em sistema construtivo de gesso acartonado e em alvenaria, utilizando médias de cada duas semanas, onde houveram temperaturas semelhantes, durante os meses de julho e agosto na cidade de Cascavel, Paraná.

4.1 Comparativo das médias das semanas 1 e 2

Com as leituras executadas durante as semanas 1 e 2, foi formatado o Quadro 2 com valores médios de todas as leituras realizadas por protótipo, considerando 6 dias (duas semanas), em períodos da manhã, tarde e noite.

Quadro 2: Médias semanas 1 e 2.

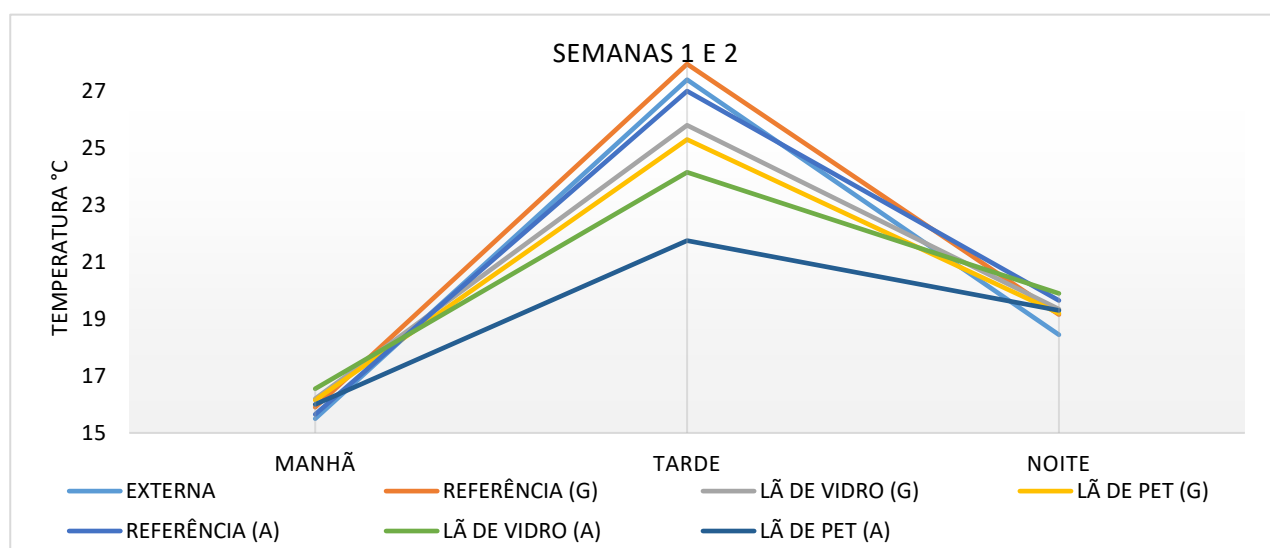
LEITURA		MÉDIA SEMANAS 01 e 02			
		MANHÃ	TARDE	NOITE	Desvio Padrão
		TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	
EXTERNA		15,5	27,4	18,45	6,20
GESSO	REFERÊNCIA (G)	15,9	27,95	19,15	6,23
	LÃ DE VIDRO (G)	16,2	25,8	19,35	4,89
	LÃ DE PET (G)	16,15	25,3	19,2	4,66
ALVENARIA	REFERÊNCIA (A)	15,65	27	19,65	5,76
	LÃ DE VIDRO (A)	16,55	24,15	19,9	3,81
	LÃ DE PET (A)	16	21,75	19,3	2,89

Fonte: Autores, (2021).

Fica evidenciado por meio deste quadro que todos os protótipos se mantiveram acima da temperatura externa no período matutino, onde se teve a temperatura média de 15,5°C, quando a temperatura média externa é de 27,4°C, no período vespertino, a tendência é se obter temperaturas menores nos protótipos, exceto na referência construído em gesso acartonado, no período da noite, observa-se a mesma situação da manhã, com todos os protótipos com médias acima da média externa, nota-se através da coluna de desvio padrão que o protótipo com melhor eficiência é o de alvenaria com aplicação do isolante lâ de PET.

Com o Quadro supracitado, foi possível a execução de um gráfico da Figura 10 demonstrativo para a comparação entre todos os protótipos e a temperaturas externas.

Figura 10: Semanas 1 e 2.



Fonte: Autores, (2021).

Neste gráfico é observado a eficiência da lâ de PET aplicada a alvenaria, onde pela manhã se mantém na média de temperatura dos outros protótipos, durante a tarde não tem a temperatura elevada como os outros isolantes, chegando apenas a 21,75°C, enquanto os demais protótipos com aplicação de isolante térmico variaram entre 24,15 e 25,8°C quando expostos as mesmas condições.

4.2 Comparativo das médias das semanas 3 e 4

Da mesma forma com que ocorreram nas semanas anteriores, foi executado com as médias das semanas 3 e 4, neste período obteve-se temperaturas amenas, chegando à média de 4,3°C no período da manhã, no ambiente externo, conforme Quadro 3.

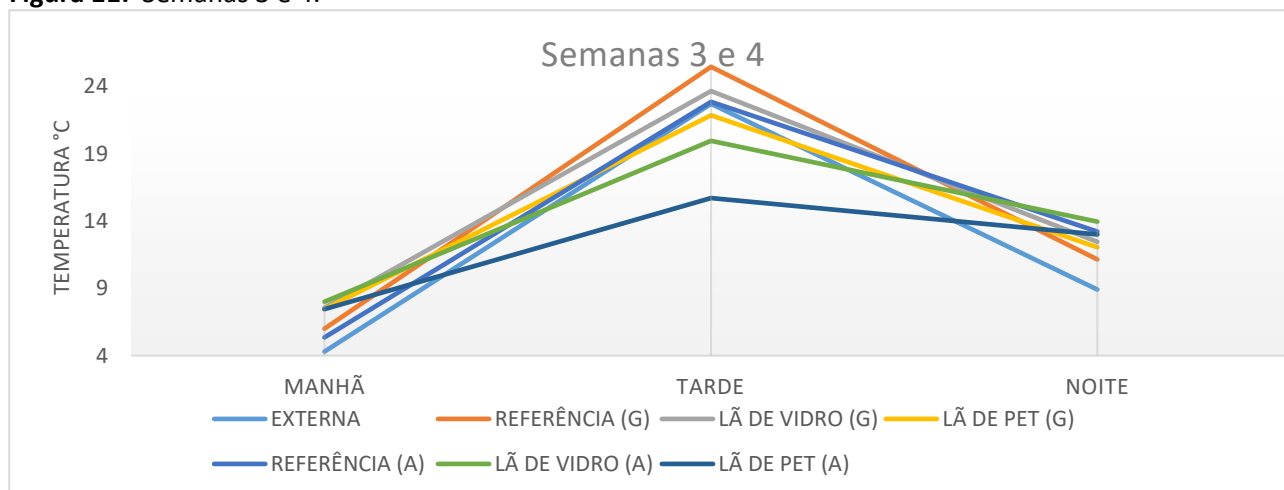
Quadro 3: Médias semanas 3 e 4.

LEITURA		MÉDIA SEMANAS 03 E 04			
		MANHÃ	TARDE	NOITE	Desvio Padrão
		TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	
	EXTERNA	4,3	22,7	8,9	9,58
GESSO	REFERÊNCIA (G)	6	25,45	11,15	10,08
	LÃ DE VIDRO (G)	7,55	23,65	12,45	8,25
	LÃ DE PET (G)	7,45	21,85	12,05	7,35
ALVENARIA	REFERÊNCIA (A)	5,35	22,85	13,2	8,77
	LÃ DE VIDRO (A)	8	19,95	13,95	5,98
	LÃ DE PET (A)	7,45	15,7	13	4,21

Fonte: Autores, (2021).

As semanas 3 e 4 foram de mais frio durante todo o período analisado, obtendo médias demonstrando que em temperaturas amenas, protótipos com aplicação de ambos os isolantes térmicos se mantiveram com temperaturas maiores em relação ao sem isolante, observado principalmente com a lã de vidro na alvenaria, onde o protótipo de referência obteve média de 5,35°C, o com aplicação deste isolante mediu 8°C, gerando com isto, uma diferença de 2,65°C. Durante o período da tarde os protótipos em gesso apresentaram maiores temperaturas, e no período noturno os elementos em alvenaria com temperaturas superiores ao do gesso. Com isto, resultando no gráfico da Figura 11.

Figura 11: Semanas 3 e 4.



Fonte: Autores, (2021).

No gráfico é possível observar o protótipo em alvenaria com lã de pet, partindo pela manhã de uma temperatura acima dos demais protótipos, no período vespertino com temperatura muito abaixo dos demais e chegando no período noturno com temperatura superior as demais, demonstrando com isto a baixa variação térmica do sistema. O elemento de gesso acartonado com aplicação de lã de vidro obteve a maior elevação na sua temperatura, tendo a variação entre o período da manhã e a tarde de 16,1°C.

4.3 Comparativo das médias das semanas 5 e 6

A média da quinta e sexta semana obteve as médias do ambiente externo no período matutino de 15,5°C, no período vespertino de 25,95°C e noturno de 14,45°C, com isto apresentando variações entre períodos de aproximadamente 10°C, demonstrado no Quadro 4.

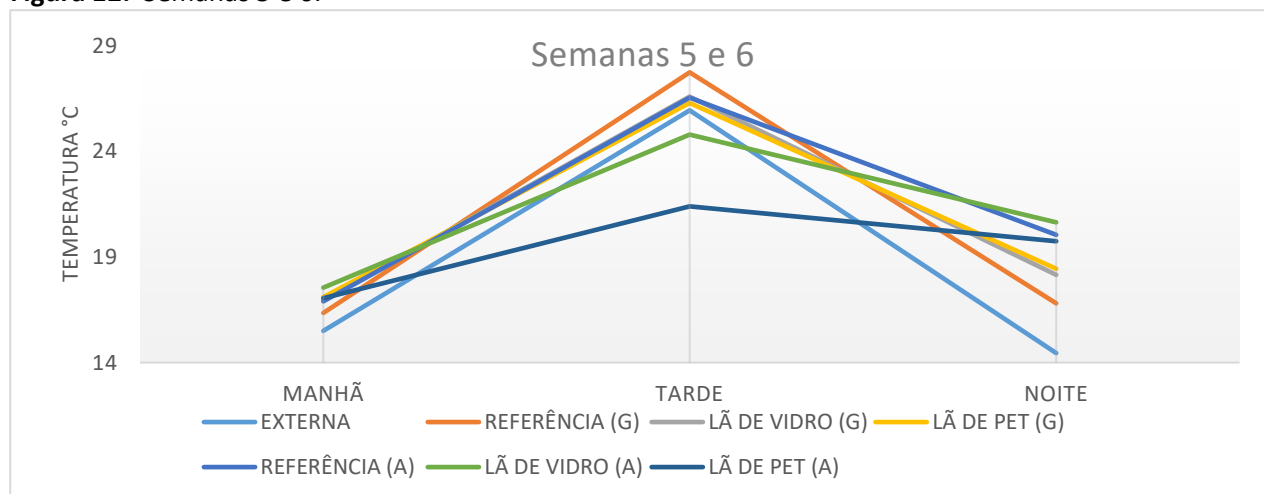
Quadro 4: Médias 5 e 6.

LEITURA		MÉDIA SEMANAS 05 E 06			
		MANHÃ	TARDE	NOITE	Desvio Padrão
		TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	
	EXTERNA	15,5	25,95	14,45	6,36
GESSO	REFERÊNCIA (G)	16,35	27,75	16,8	6,46
	LÃ DE VIDRO (G)	16,95	26,6	18,15	5,26
	LÃ DE PET (G)	17,1	26,3	18,45	4,97
ALVENARIA	REFERÊNCIA (A)	16,9	26,55	20,05	4,92
	LÃ DE VIDRO (A)	17,55	24,8	20,65	3,64
	LÃ DE PET (A)	17,05	21,4	19,75	2,20

Fonte: Autores, (2021).

É notado que nas menores temperaturas, apresentadas no período da manhã e da noite, os protótipos com aplicação de isolantes térmicos, apresentam temperatura superior em relação as de referência, e no período da tarde com a temperatura mais elevada, os protótipos com tratamento, tem temperaturas menores que as de referência de cada sistema construtivo, é notado na coluna de desvio padrão que o protótipo em alvenaria com aplicação de lã de PET apresenta a menor variação térmica entre as amostras. Demonstrado na Figura 12.

Figura 12: Semanas 5 e 6.



Fonte: Autores, (2021).

Com o gráfico, é analisado a menor variação térmica do protótipo em alvenaria com aplicação de lã de PET, tendo elevação de 4,35°C entre a manhã e à tarde, enquanto o protótipo de referência em alvenaria foi de 9,65°C, entre o período vespertino e noturno, o protótipo de alvenaria de referência baixou 6,5°C na temperatura interna do protótipo com lã de PET teve uma diminuição de apenas 1,65°C na média das duas semanas. Ressalta-se também a lã de vidro aplicada ao gesso acartonado apresentou a maior elevação entre os analisados, sendo um total de 9,65°C na elevação do período matutino para o vespertino, e diminuição de 8,45°C entre a tarde e à noite, enquanto no protótipo referência de gesso acartonado teve um aumento de 11,4°C e baixa de 10,95°C.

4.4 Comparativo das médias das semanas 7 e 8

Neste período analisado, foram obtidas as maiores médias, chegando a temperatura externa no período da tarde até a 31,35°C, conforme observa no Quadro 5 as médias de temperatura.

Quadro 5: Médias 7 e 8.

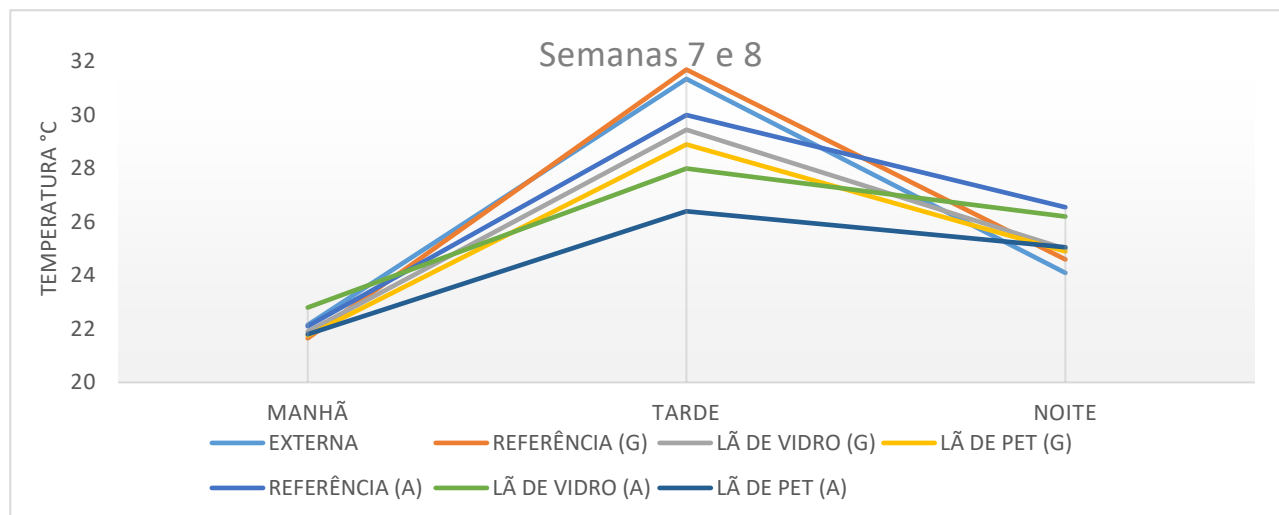
LEITURA		MÉDIA SEMANAS 07 E 08			
		MANHÃ	TARDE	NOITE	Desvio Padrão
		TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	TEMP. (°C)	
	EXTERNA	22,15	31,35	24,1	4,85
GESSO	REFERÊNCIA (G)	21,65	31,7	24,6	5,17
	LÃ DE VIDRO (G)	21,9	29,45	25	3,80
	LÃ DE PET (G)	21,75	28,9	24,9	3,58
ALVENARIA	REFERÊNCIA (A)	22,1	30	26,55	3,96
	LÃ DE VIDRO (A)	22,8	28	26,2	2,64
	LÃ DE PET (A)	21,8	26,4	25,05	2,36

Fonte: Autores, (2021).

Com temperaturas elevadas, durante o período matutino as temperaturas dos protótipos com aplicação de isolantes se apresentaram menores em relação aos protótipos de referência. Durante o período da tarde, foi observado que os protótipos com aplicação de isolantes a temperatura sempre foram menores que os de referência, com destaque a temperatura do protótipo em alvenaria com lã de PET, que teve a temperatura média de 26,4°C, enquanto a de referência é de 30°C. No período noturna se obteve médias acima da temperatura de referência no sistema de gesso acartonado, e abaixo da média de referência em protótipo em alvenaria.

Com estes dados foi montado o gráfico de linhas para a comparação entre todos os sistemas, conforme Figura 13.

Figura 13: Semanas 7 e 8.



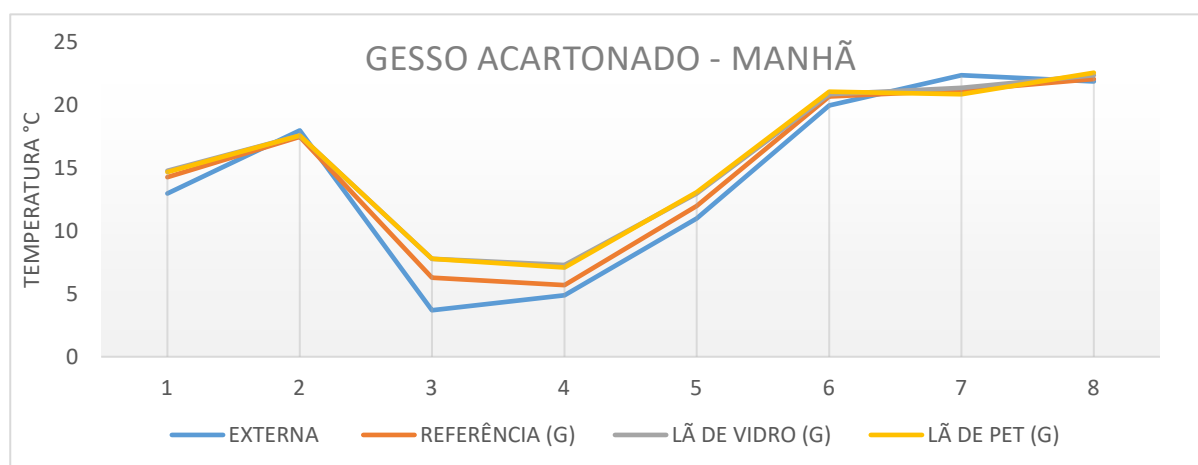
Fonte: Autores, (2021).

No gráfico é observado pouca diferença na eficiência dos isolantes térmicos quando aplicadas a temperaturas elevadas, com exceção da lã de PET aplicada a alvenaria, que manteve média 3,6°C menor que o protótipo de referência.

4.5 Médias gerais

Analisando de forma mais abrangente, considerando as médias das oito semanas analisadas, foi executado gráficos de análise por período do dia, sendo matutino, vespertino e noturno e separado também por sistema construtivo utilizado. O gráfico da Figura 14 é referente as médias matutinas, considerando os protótipos em gesso acartonado.

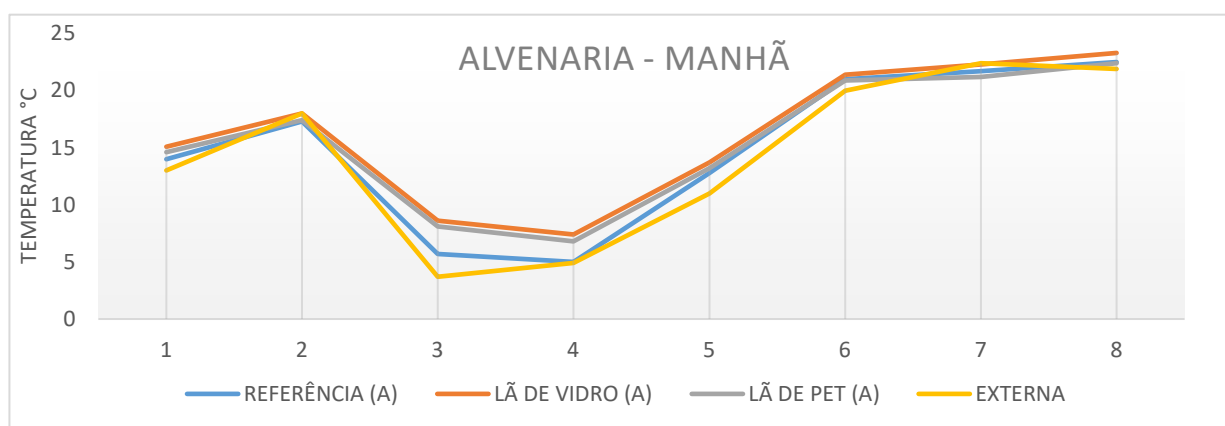
Figura 14: Médias matutinas no gesso acartonado.



Fonte: Autores, (2021).

Neste gráfico é possível verificar que no período da manhã, os protótipos em gesso acartonado têm maior variação em relação a temperatura de referência e externa, quando expostos a temperaturas menores, abaixo de 10°C, quando a temperatura é próxima a 20°C não há grandes diferenças nas leituras. Observa-se que a lã de vidro e a lã de pet aplicadas ao gesso acartonado não apresentam quase nenhuma diferença de temperatura no período matutino, expostos no gráfico pelas cores amarela e cinza, sendo quase colineares na análise. Quando observado as médias do mesmo período do dia, porém com sistema construtivo em alvenaria, é obtivo o gráfico da Figura 15.

Figura 15: Médias matutinas na alvenaria.

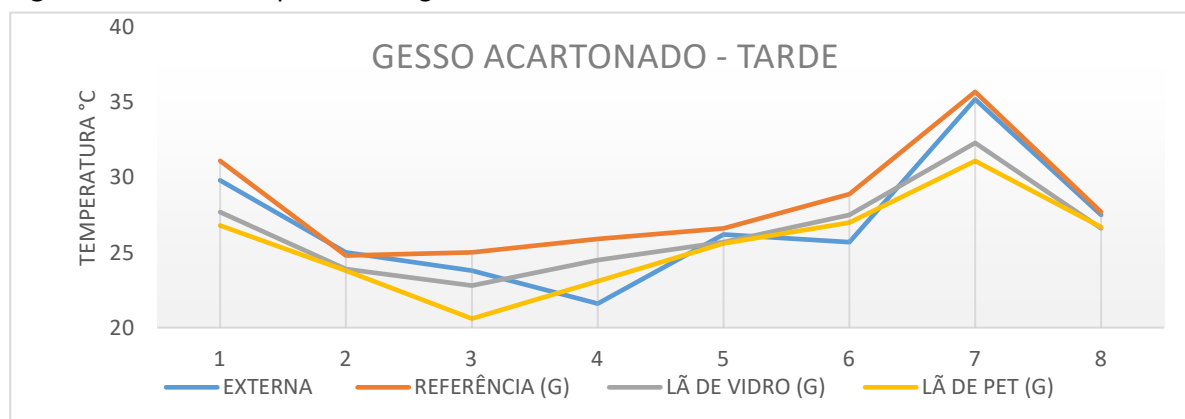


Fonte: Autores, (2021).

É analisado a alvenaria no período matutino com diferenças notáveis quando a temperatura externa se encontra abaixo dos 10°C, quando próximo aos 20°C todos os protótipos se mantêm com temperaturas próximas. Neste gráfico é observado que o protótipo com aplicação de lã de vidro tem sempre uma temperatura superior quando comparada a lã de PET.

Executando as análises durante o período da tarde, é obtido o gráfico da Figura 16 quando analisado os protótipos em gesso acartonado.

Figura 16: Médias vespertinas no gesso acartonado.

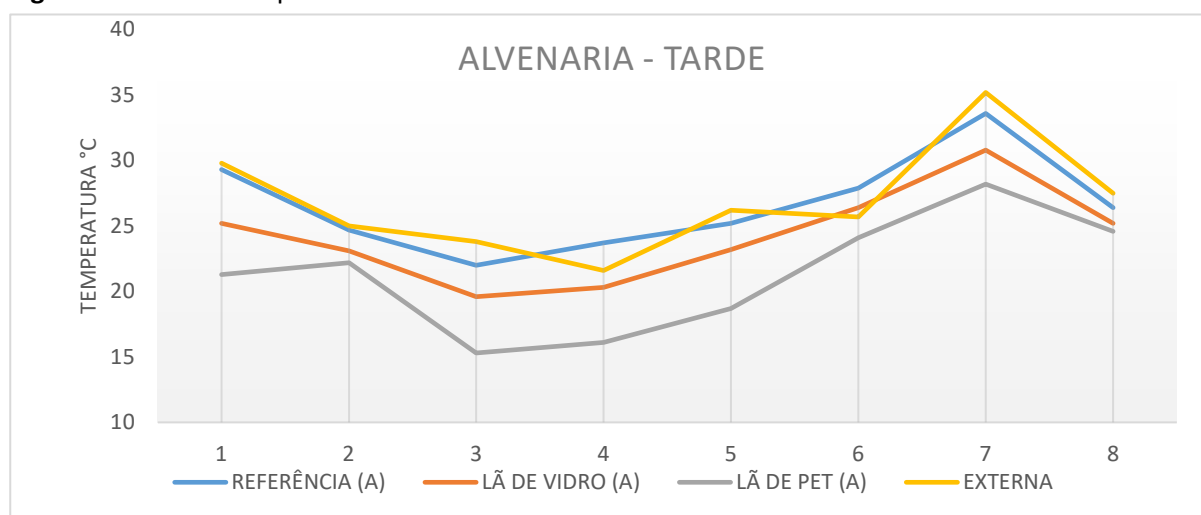


Fonte: Autores, (2021).

Observa-se que no período da tarde com gesso acartonado, os protótipos com aplicação de isolantes térmicos sempre com leituras de temperatura média abaixo do que o protótipo de referência. É destacado que a lã de PET apresenta temperatura média menor que a da lã de vidro, esta situação ocorreu nas médias das oito semanas analisadas.

Na Figura 17 é analisado as médias vespertinas nos protótipos em alvenaria.

Figura 17: Médias vespertinas na alvenaria.

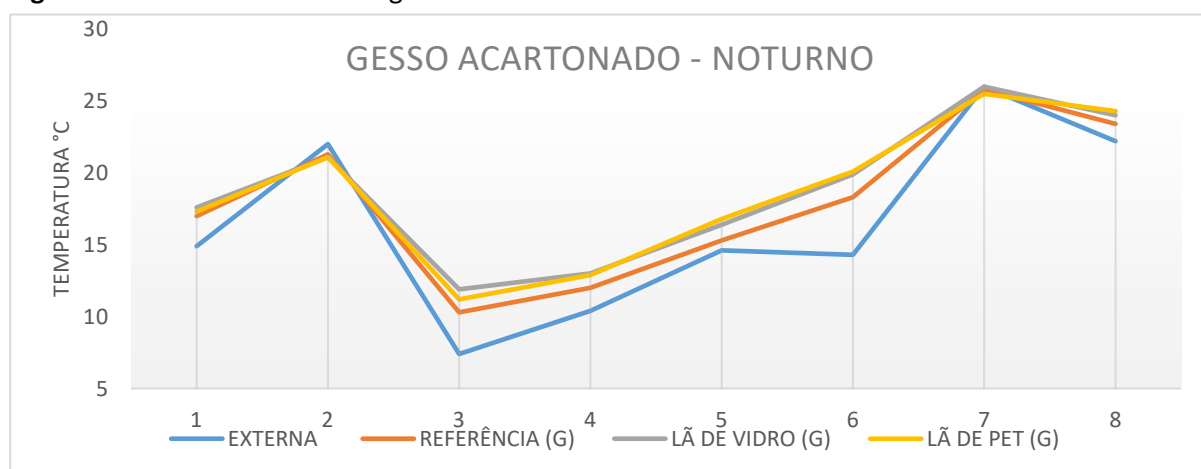


Fonte: Autores, (2021).

Neste gráfico é notado a grande eficiência da lã de PET aplicada a alvenaria, sempre se mantendo com temperatura abaixo dos demais protótipos. A lã de vidro demonstra neste gráfico uma boa eficiência, se mantendo entre o protótipo com aplicação da lã de vidro e o de referência.

No período noturno, foi executado medições sempre próximas as 23:00h, na Figura 18 é exposto médias para protótipos em gesso acartonado.

Figura 18: Médias noturnas no gesso acartonado.

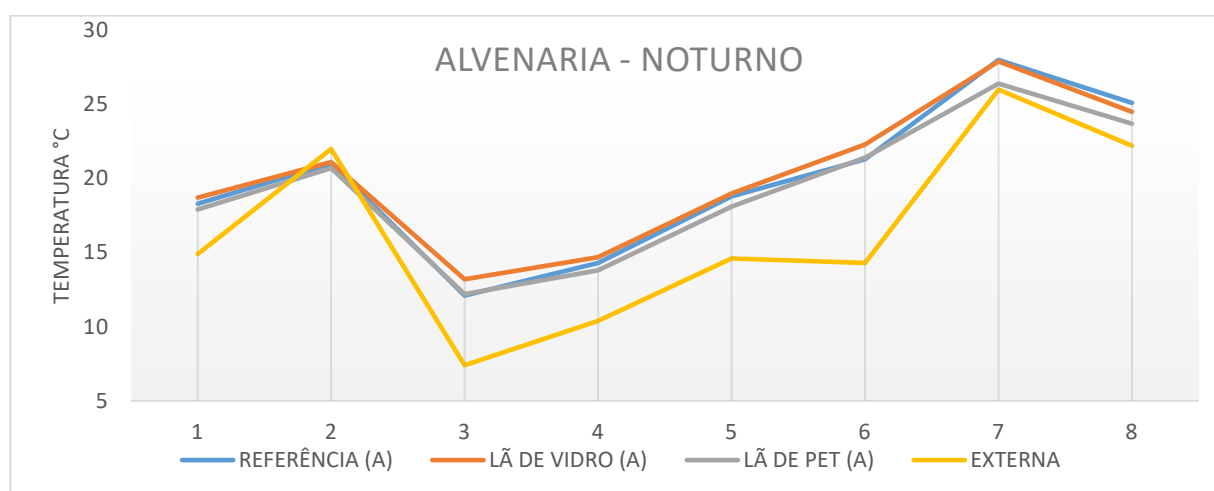


Fonte: Autores, (2021).

É observado no período noturno que os protótipos em gesso acartonado apresentam temperaturas superiores a externa, e os protótipos com aplicação de isolante térmico também são superiores à média de temperatura da referência, isso ocorre em temperaturas abaixo de 20°C, quando a média é próxima a essa temperatura, todos os protótipos e temperatura externa se comportam de forma similar. Neste gráfico é notado a pouca diferença entre o isolante de lã de vidro e de lã de PET.

Na Figura 19 é possível observar as médias do período noturno analisando protótipos em alvenaria.

Figura 19: Médias noturnas na alvenaria.



Fonte: Autores, (2021).

É notado neste gráfico que as médias dos protótipos de referência, com aplicação de lã de vidro e lã de PET se apresentam bem próximas, com poucas variações entre si, estando acima da temperatura do ambiente externo. Observa-se que a temperatura externa e internas do ambiente se aproximam quando estão perto da temperatura de 20°C.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo contribui para as pesquisas sobre isolamento térmico e eficiência energética, com intuito de verificar o conforto térmico em ambientes com aplicação de isolantes, comparando com os convencionais. Este estudo favorece a utilização de materiais isolantes para tornar o ambiente agradável para o usuário, onde em casos convencionais só seria atingido com utilização de climatizadores de ar, gerando gastos de energia elétrica.

Com base nos dados coletados durante a pesquisa, é possível afirmar que sistemas construtivos com aplicação de isolante térmico apresentam maior eficiência em relação a ambientes

sem aplicação, denominados como referência neste estudo. É notado que em temperaturas amenas, geralmente abaixo de 20°C os materiais isolantes tendem a manter o ambiente interno mais aquecido, e quando a temperatura externa se coloca acima dos 20°C, a tendência é que a temperatura interna seja menor, trazendo sempre um conforto térmico para o usuário do ambiente.

Notou-se que para temperaturas mais altas, o isolante térmico que apresenta maior eficiência é a lã de PET quando aplicada a alvenaria, esta combinação obteve a menor temperatura média durante o período mais quente do dia, o vespertino, além disto, este protótipo sempre apresentou o menor índice de desvio padrão, denotando com isto a sua capacidade de isolamento térmico. Em temperaturas amenas, a combinação que manteve o ambiente aquecido por mais tempo foi a lã de vidro aplicada a alvenaria, observado a vantagem deste protótipo pelas médias matutinas e noturnas. Ressalta-se também que em baixas temperaturas, todos os protótipos apresentaram-se eficientes, e a vantagem da lã de vidro não é demasiada.

Nos protótipos em gesso acartonado, foi observado a lã de PET como a mais eficiente, mantendo sempre com temperaturas médias e desvio padrão menores em relação ao mesmo método construtivo com aplicação de lã de vidro.

Portanto, com este estudo é possível considerar a lã de polietileno tereftalato (PET) como a de maior eficiência, em comparação a lã de vidro. Este material apresenta ser mais vantajoso também pela questão sustentável, visto que é feito de materiais recicláveis, apresenta maior vida útil, podendo chegar a 100 anos, e também não possui absorção de água e umidade, evitando mofo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

AZEREDO, Hélio Alves. **O edifício até sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BARBOZA, D.R.; TOSCAN, F.; UBEL, M.; COMUNELLO, M.; MARCHIORO, T.: **Isolamento térmico**. IMED 5º Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo – RS, 2016.

BOABAID NETO, C. **Apostila Volume II – Isolamento térmico**. Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC. São José – SC, 2009. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/e/ee/TCL_Vol_II_-_Isolamento_Termico.pdf>. Acesso em: 16 de abr.2021.

CHAIBEN, C. A. P. B. **Sistema de isolamento térmico de fachada pelo exterior (ETICS): Avaliação preliminar de viabilidade para sua aplicação no Brasil. Monografia de Especialização**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento acadêmico de Construção Civil. Curitiba – Pr, 2014.

CONDEIXA, K. M. S. P. **Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema Drywall e alvenaria de vedação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense. – Niterói, RJ ,2013

DIAS, C.O.; MAZZURANA, M. M.; PIOVESAN, T. R. **Lã de PET como material alternativo em prol do desempenho térmico de edificação**. XV Seminário de Iniciação Científica, Ijuí – RS, 2017.

EDF, (Électricité de France): *Le guide des matériaux pour l'isolation thermique*, França, 2012.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. [Cascavel-PR]: Embrapa Informática Agropecuária: IAC: Cepagri/Unicamp, 2021. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=PR>> Acesso em: 02 de abr.2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **NOTA TÉCNICA EPE 030/2018 Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo** — 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

IEA [International Energy Agency]. *The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning*. OECD/IEA: Paris, 2018.

ISOVER. **CATÁLOGO - WALLFET 4 + Mais tecnologia para sua obra e construção.** São Paulo – SP, 2014. Disponível em: <<https://www.isover.com.br/wallfelt-4-la-de-vidro-para-paredes>> Acesso em: 02 de abr.2021.

MASCARÔ, J. L.; MASCARÔ L. **Uso Racional de Energia em Edificações: Isolamento térmico.** São Paulo, 1992.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Uso de energia por chuveiros cairá com mais aquecimento solar.** Brasília – DF 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/uso-de-energia-por-chuveiros-caira-com-mais-aquecimento-solar>>. Acesso em: 16 de abr.2021.

NAKAMURA, J. Elementos que compõem uma parede de *drywall*. **Revista Equipe de Obra.** 64.ed. São Paulo – SP, 2013.

PRIMO, A. D. O. **Estudo de durabilidade de matérias e sistemas construtivos.** Mestrado integrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da faculdade de Porto. Porto, Portugal, 2008.

RIBEIRO, L. P. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações: recomendações para Ribeirão Preto.** 2008. Dissertação Pós-Graduação de curso (arquitetura, urbanismo e tecnologia) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2008.

SILVA, F. M. F. **Estudo de materiais de isolamento térmico inovadores.** 2013. Mestrado Integrado em Engenharia Civil (departamento de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2013.

THOMAZ E., FILHO C. V. M.; CLETO F. R. E CARDOSO F. F.: **Código de Práticas Nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.** São Paulo: IPT, 2009. 65 p.

APÊNDICE A - MÉDIA DE VARIAÇÕES TÉRMICAS ANUAIS DE CASCAVEL-PR.

ANO	2011		2012		2013		2014		2015	
MÊS	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
JAN	16,11	31,1	13,86	32,4	12,1	32,56	15,87	32,7	16,87	32,95
FEV	16,84	30,8	13,32	34,9	13,85	32,37	12,97	36,1	16,66	31,89
MAR	14,71	31,4	4,72	32,9	10,37	30,59	8,54	30,35	10,97	30,97
ABR	10,8	29,1	6,1	29,4	6,76	29,5	6,15	30,93	11,18	28,2
MAIO	5,54	27	3,53	25,7	3,67	28,95	3,83	26,28	5,93	26,73
JUN	-1,91	26,3	-2,35	26,4	5,82	23,63	4,01	25,77	2,29	27,52
JUL	-0,92	27,3	1,26	27	-2,82	27,14	3,47	27,22	3,31	26,88
AGO	0,95	30,5	6,23	29,7	-2,07	29,71	2,63	31,04	6,46	31,33
SET	4,31	33,6	3,63	34,6	2,15	32,33	8,43	32,3	2,19	34,59
OUT	10,43	31,3	11,26	33,7	7,42	31,12	12,31	35,8	8,98	34,34
NOV	9,44	31,8	14,5	32,96	11,18	33	10,89	30,17	8,99	31,82
DEZ	8,43	34,5	15,59	32,02	15,98	32,11	13,1	30,95	13,16	30,21
MÉDIA	8,935	30,96	6,165	32,23	7,09	30,86	8,485	30,94	8,985	31,15
MENOR	-1,91		-2,35		-2,82		2,63		2,19	
MAIOR	34,54		34,91		33		36,1		34,59	
Δ	36,45		37,26		35,82		33,47		32,4	

ANO	2016		2017		2018		2019		2020	
MÊS	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
JAN	16,93	33,22	12,73	31,29	15,44	30,86	15,86	33,67	16,06	31,79
FEV	17,89	32,43	14,5	32,85	13,64	31,44	14,17	34	10,77	32,26
MAR	11,21	30,47	11,88	32,39	8,94	31,93	11,7	30,97	12,37	34,16
ABR	2,48	31,55	4,17	27,93	14,07	29,97	10,98	28,76	4,48	31,82
MAIO	2,79	25,07	8,62	26,99	3,87	29,25	7,98	27,88	2,36	26,92
JUN	-1,64	26,22	2,14	26,83	1,25	26,38	7,08	28,04	4,3	28,54
JUL	0,15	28,88	-3,11	27,94	2,26	29,05	-3,1	27,09	1,39	27,29
AGO	1,85	30,37	2,59	30,95	0,96	31,08	-0,18	31,84	-0,23	30,45
SET	2,11	31,55	9,67	33,49	5,41	32,96	5,38	35,73	9,86	37,01
OUT	6	33,66	6,13	34,15	9,94	30,08	10,23	36,07	11,33	36,65
NOV	7,04	31,79	9,57	31,23	13,79	32,06	11,87	32,71	10,13	34,65
DEZ	10,63	31,02	14,59	32,1	10,31	33,31	11,14	32,6	13,95	31,19
MÉDIA	4,395	31,29	9,095	31,26	9,44	30,97	10,61	32,22	9,995	31,81
MENOR	-1,64		-3,11		0,96		-3,1		-0,23	
MAIOR	33,66		34,15		33,31		36,07		37,01	
Δ	35,3		37,26		32,35		39,17		37,24	