

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE - FER  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Bruno Balieiro de Almeida Silva  
Rodolfo César de Vasconcelos Granja

CONFORTO TÉRMICO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA PARA CIDADES  
INTELIGENTES COM PAREDES TÉRMICAS ISOLANTES

RESENDE - RJ  
2021

Bruno Balieiro de Almeida Silva  
Rodolfo César de Vasconcelos Granja

CONFORTO TÉRMICO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA PARA CIDADES  
INTELIGENTES COM PAREDES TÉRMICAS ISOLANTES

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Mecânica da Faculdade de  
engenharia de Resende como Trabalho de  
conclusão de curso.

Orientador: Prof. MSc Anderson Elias  
Furtado

RESENDE - RJ  
2021

Catálogo na fonte  
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

S586 Silva, Bruno Balieiro de Almeida  
Conforto térmico e conservação de energia para cidades inteligentes com paredes térmicas isolantes / Bruno Balieiro de Almeida Silva; Rodolfo César de Vasconcelos Granja - 2021.  
41f.

Orientador: Anderson Elias Furtado

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.

1. Engenharia. 2. Construção. 3. Isolamento térmico. 4. Conservação de energia. 5. Sustentabilidade I. Granja, Rodolfo César de Vasconcelos. II. Furtado, Anderson Elias. III. Faculdade de Engenharia de Resende. IV. Associação Educacional Dom Bosco. V. Título.

CDU 66.045.3(043)

Bruno Balieiro de Almeida Silva  
Rodolfo Cesar de Vasconcelos Granja

CONFORTO TÉRMICO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA PARA CIDADES  
INTELIGENTES COM PAREDES TÉRMICAS ISOLANTES

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Mecânica da Faculdade de  
engenharia de Resende como Trabalho de  
conclusão de curso.

Orientador: Prof. MSc Anderson Elias  
Furtado

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. MSc. Anderson Elias Furtado – AEDB  
(Orientador)

---

Prof. MSc. Diniz Félix dos Santos Filho – AEDB

---

Prof. Dra. Juliana Gonçalves Fernandes – AEDB

Resende, 22 de novembro de 2021.

Dedico esse trabalho a todos que  
agregaram e apoiaram minha formação  
acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por nos abençoar nesta jornada até concluir o curso.

Também aos nossos pais que nos deram força para continuar seguindo a carreira profissional.

Aos nossos professores por nos auxiliarem nesse caminho difícil que é a faculdade.

Agradecemos também ao nosso orientador de trabalho de conclusão de curso, professor Anderson Furtado, pela dedicação e sabedoria para nos auxiliar.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso  
sem perder o entusiasmo.”

Desconhecido

## RESUMO

Devido à necessidade de melhorar o consumo de energia previsto pelos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) da ONU, sem afetar negativamente o conforto térmico e permitir, talvez, redução de custos, o trabalho a seguir consiste em um compilado com várias técnicas de construção e diferentes materiais cujo intuito é melhorar e facilitar a pesquisa sobre conforto térmico em residências, edifícios e indústrias. Através de uma seleção de artigos acadêmicos, livros e revistas científicas foram listados e descritos materiais e tecnologias que obtiveram sucesso na conservação de energia em um ambiente fechado (cômodo). Foram encontrados oito materiais relevantes, entre eles pode-se citar: Isopor, Poliuretano, Combinações com Tijolos Convencionais, Gesso e outros. A análise desses textos demonstrou que vale identificar o projeto ideal para a localidade requerida, pois é ineficaz seguir um padrão devido as variáveis meteorológicas de cada região, através dos materiais e textos permitiu a criação de um quadro comparativo acompanhado de um exemplo de como utilizar esse quadro. Isso facilitará a busca e encaminhará o usuário ao projeto mais adequado à sua necessidade evitando desperdício de tempo com a procura de materiais, de trabalhos inadequados, ou trabalhos focados em apenas um material ou com finalidades puramente comerciais.

**Palavras-chaves:** Sustentabilidade. Paredes termo isolantes. Construção. Conforto térmico, ODS.

## ABSTRACT

Necessity to the need to improve energy consumption foreseen by the UN ODS (Sustainable Development Goals) without negatively affecting thermal comfort and perhaps allowing cost reduction, the following work consists of a compiled with various construction techniques and different materials intended to improve and facilitate research on thermal comfort in homes, buildings and industries. Through a selection of academic articles, books and scientific journals, materials and technologies that were successful in energy conservation in a closed environment (room) were found and needed. Eight relevant materials were found, including: Styrofoam, Polyurethane, Combinations with Conventional Bricks, Plaster and others. The analysis of texts is worth identifying the ideal project for a defined location, as it is ineffective to follow one of the meteorological variables of each region, through the added materials and texts, the creation of a comparative table accompanied by an example of how to use that frame. This will facilitate the search and will direct the user to the most suitable project for their needs, avoiding wasting time with the search for materials, inadequate works, or works focused on only one material or with purely commercial purposes.

**Keywords:** Sustainability. Walls with thermal insulation. Construction. Thermal comfort, ODS.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Possíveis Configurações com as Paredes de Tijolos..... | 20 |
|--|----|

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1:** Custo total das diferentes Configurações das paredes de Tijolos .....21

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1:</b> Desempenho Termo-econômico das diferentes Configurações das paredes ..... | 21 |
| <b>Tabela 2:</b> Condições térmicas em 2008, antes das modificações construtivas. ....     | 25 |
| <b>Tabela 3:</b> Condições térmicas em 2009, após as modificações construtivas. ....       | 26 |
| <b>Tabela 4:</b> Comparações de custos antes e após modificações nas residências .....     | 26 |
| <b>Tabela 5:</b> Tabela de comparações entre os materiais apresentados. ....               | 32 |
| <b>Tabela 6:</b> Tabela de comparações entre o desempenho da obra.....                     | 34 |
| <b>Tabela 7:</b> Tabela de comparações entre a instalação da obra. ....                    | 35 |
| <b>Tabela 8:</b> Tabela de comparações entre a durabilidade da obra.....                   | 36 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BRE – Building Reserch Establishment

CFC – Clorofluorcarbono

EPS – Expanded polystyrene

AVE – Acetato Vinilo de etileno

HCF – Gases refrigerantes hidrofluorcarbonetos

HCFC – Compostos formados por átomos de hidrogénio

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

NBR – Norma Brasileira

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU – Organização das Nações Unidas

PCM – Phase Change Material

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

CMP – Compósito de madeira plástica

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>1.1 Justificativa .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.1 Objetivo geral.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.2 Objetivos específicos .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>3.1 Poliestireno Expandido .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>3.2 Poliuretano .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.3 Combinações com tijolos Convencionais .....</b>                             | <b>19</b> |
| <b>3.4 Material de Troca de Fase (PCM).....</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>3.5 Reforma Inteligente para alcançar conforto térmico em Residências .....</b> | <b>24</b> |
| <b>3.6 Concreto Armado e Gesso.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>3.7 Acetato de Vinilo de Etileno (AVE).....</b>                                 | <b>28</b> |
| <b>3.8 Compósito de madeira plástica (CMP).....</b>                                | <b>29</b> |
| <b>4. METODOLOGIA.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>  | <b>31</b> |
| <b>5.1 Proposta Metodológica de utilização.....</b>                                | <b>33</b> |
| <b>6. CONCLUSÕES.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>                                    | <b>38</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>39</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Hitwise (2007), um dos temas mais pesquisados em sites de buscas é o aquecimento global. Sabendo que a sociedade a cada dia que passa sofre mais com a variação de temperatura em algumas estações do ano, principalmente devido ao aquecimento global, o presente trabalho apresenta opções para tentar minimizar os efeitos, fornecendo conforto térmico através da conservação de calor em residências, edifícios e outros elementos. Conseqüentemente, contribuirá com as ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) 3, 7, 11, 12, 13 da ONU e auxiliará cidades com déficit de matriz energética, com a minimização do uso de componentes refrigeradores.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), estudos mostram que 48% do total do consumo de energia elétrica em edificações comerciais são gastos com condicionamento de ar, podendo esse consumo chegar a 70% do total consumido em edifícios comerciais com fachadas envidraçadas. Já nas residências brasileiras o consumo de energia por meio da utilização de aparelhos de ar condicionado vem aumentando nos últimos anos, possivelmente devido ao aumento da renda do brasileiro e às condições inadequadas de desempenho térmico de suas moradias (PEÑA; GHISI; PEREIRA, 2008).

O consumidor, necessitado de um estabelecimento ou residência termicamente confortável, durável e eficiente, vai pesquisar por materiais ou técnicas de construção para auxiliar no seu projeto. Porém, com vários sites de pesquisas e vasta quantidade de informações, artigos e pesquisas o usuário/consumidor acaba se dispersando nessa pluralidade e, por vezes, acaba perdendo o interesse no tema.

Com esse problema em mente, esse trabalho apresenta uma alternativa para auxiliar os usuários que querem fazer um investimento na sua obra. Um compilado de vários materiais e técnicas sobre esse tema, sintetizados num quadro comparativo, facilitando a pesquisa e visando a redução do tempo de busca pelo material ou técnica mais adequada.

A primeira parte do trabalho é a introdução onde se descreve a importância do assunto e a sua evolução para os cenários atuais, os primeiros materiais usados para a obtenção de conforto térmico, os objetivos gerais e específicos e a justificativa.

O segundo tópico, a revisão de literatura trata dos materiais mais usados e mais recentes para a elaboração dos projetos de uma construção.

No terceiro tópico será abordada a metodologia seguida para a construção do trabalho.

No quarto, serão abordados os resultados e discussões da pesquisa, seguido pela quinta e última parte que é a conclusão onde serão apresentadas as considerações finais sobre o trabalho.

## **1.1 Justificativa**

Atualmente, o consumidor tem facilidade em receber notícias que estão em alta no cenário mundial. Entre elas, uma das mais recorrentes é a preocupação com as mudanças climáticas e o aquecimento global. Desta maneira, justifica-se a pesquisa com a análise sistemática dos trabalhos encontrados comprovando que construções termicamente confortáveis reduzem gastos significantes de energia elétrica, de acordo com a ONU sendo ideal para o crescimento social e sustentável e proporcionando nas residências ambientes mais agradáveis.

O presente trabalho evitará desestímulo e dispersão para outros investimentos, com a facilidade de comparar os possíveis materiais para a construção requerida.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Construir um quadro comparativo com os diferentes materiais e técnicas para melhoria do conforto térmico, facilitando a pesquisa e decisão dos possíveis interessados em aplicar as soluções em futuras construções

### **2.2 Objetivos específicos**

- Descrever os materiais aplicáveis com o objetivo de conservar energia, como poliestireno, poliuretano, material de troca de fase em inglês (PCM) e também combinações com tijolos convencionais, demonstrando também outros materiais conservadores de calor e tecnologias de instalações de materiais comuns em construções que podem ser relevantes.
- Discutir as características positivas e negativas de cada uma dessas tecnologias e materiais.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

A ideia do presente capítulo é apresentar os principais materiais encontrados. Nas pesquisas realizadas foram selecionados os principais materiais com desempenho de conservação de energia elevado e apresentar para o construtor uma breve comparação abordando os motivos de investir nessas inovações.

#### 3.1 Poliestireno Expandido

Quando se fala em materiais para isolamento térmico, o isopor (poliestireno) ou em inglês *Expanded polystyrene* (EPS) é um dos materiais mais utilizados para a conservação de temperatura de alimentos e bebidas para transporte; por ser um material leve. Porém há outros materiais como o *dry wall*, formado por placas de gesso acartonado associadas a perfis de aço formados a frio, lã de vidro, lã de rocha e o poliuretano derivado do petróleo.

O isopor (poliestireno) é bastante utilizado por se tratar de um material leve que pode ser transportado facilmente. O seu uso para a construção civil veio com a sua variação que é o poliestireno expandido em inglês EPS. Esse material foi descoberto na Alemanha em 1949 e se trata de um material que não usa o gás CFC (clorofluorcarbono) para a sua produção. Esse é formado a partir da polimerização da água com o poliestireno. Segundo Silva (2003), o BREEAM, sistema de certificação britânico desenvolvido pelo *Building Research Establishment* (BRE), foi pioneiro e lançou as bases de todos os sistemas de avaliação ambiental de edifícios orientados para o mercado que seriam posteriormente desenvolvidos em todo o mundo, como por exemplo, o certificado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). A análise feita pelo *Building Research Establishment*, em que se estabelece uma classificação ambiental dos materiais, de acordo com seu ciclo de vida, varia de D (mais baixa) até A+ (Mais alta). Dentre as classificações, o poliestireno obteve sua classificação ambiental na categoria Isolamento térmico e acústico: A + (BREEAM, 2011 *apud* MORAIS e BRASIL, 2015).

De acordo com a Comissão Setorial de EPS (2007), os principais usos do poliestireno tanto no mercado internacional, quanto no Brasil, se dividem em

Construção Civil, uso de embalagem e outros que variam desde cenário para teatro, até produtos náuticos e peças de decoração, sendo o mercado da construção civil, o mais notório.

Moraes e Brasil (2015) expõem as seguintes vantagens do poliestireno: Baixa condutividade térmica, baixo peso, resistência a intempéries, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio e versatilidade.

Em relação às desvantagens Tessari (2006) elaborou um gráfico que aponta as principais desvantagens do poliestireno, respectivamente: Baixa aderência, baixa resistência (quebra de blocos), fixação junto à estrutura, falta de interação entre fabricante e consumidor e alta vibração.

Todas as propriedades do poliestireno mantêm-se inalteradas ao longo da vida do material, que é pelo menos tão longa quanto a vida da construção de que faz parte. Estima-se, que na natureza, o poliestireno tenha vida útil de 150 anos a 200 anos (AMIANTI, 2005).

É um material que ganhou e vem ganhando mais clientes por ser um material barato, leve e eficiente nos seus propósitos de conservação de temperatura com uma ampla utilização tanto na área alimentícia como na construção civil.

### **3.2 Poliuretano**

Poliuretanos, conhecidos como PU's, são polímeros orgânicos que contém o grupo uretano na sua estrutura, produzidos pela reação de um polioliol com um diisocianato (CLEMITSON, 2008). A síntese dos poliuretanos foi feita, primeiramente, por Otto Bayer e seus colaboradores da I.G. Farbeindustrie, em 1937. Desde então é utilizado em fibras, cerdas, revestimentos cerâmicos, espumas e elastômeros dentre outros (ARAÚJO, 2004). A espuma rígida de poliuretano é um produto celular termoestabilizado, de baixa densidade, altamente interligado e com células fechadas proporcionando excelentes características de isolamento térmico (VILAR, 2002). Porém a presença do gás Clorofluorcarbono para a expansão das espumas rígidas fez com que suas utilizações fossem criticadas por se tratar de um gás destruidor da camada de ozônio e assim diminuindo a sua utilização. Resíduos de espumas de poliuretanos rígidos são classificados pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) como Classe I,

considerados perigosos e têm tempo de decomposição elevadíssimo, sendo tóxicos, destruindo a camada de ozônio e provocando o aquecimento global (efeito estufa) (LIMA, 2003).

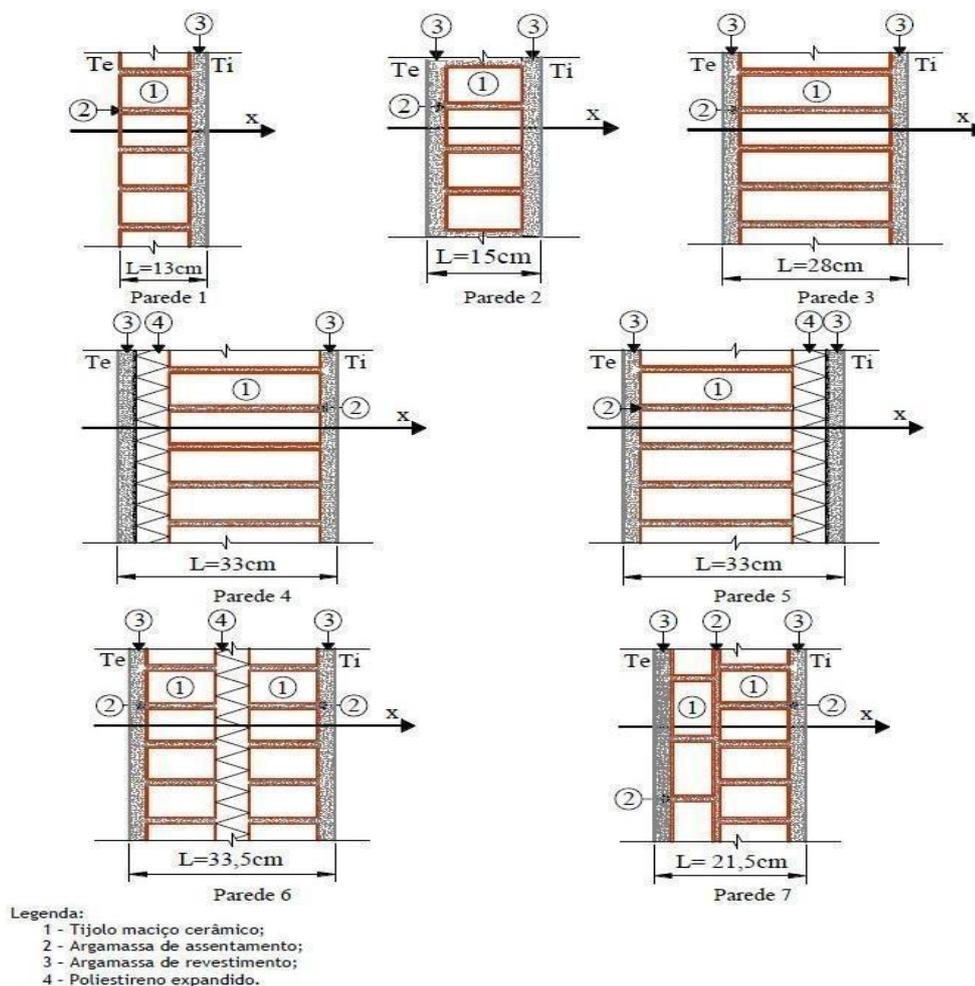
O poliuretano também é tóxico exigindo cuidados no seu manejo como áreas arejadas, máscaras de proteção, óculos e luvas. Por ser tóxico seu descarte de maneira aleatória é proibido pela legislação.

O poliuretano atual não utiliza mais o gás CFC. Hoje em dia, utilizam-se os HCFC e HCF, que são menos poluentes e causam menos impacto na camada de ozônio (OECD, 2001). Porém, mesmo com essas substâncias menos problemáticas o seu uso não é ainda bem-visto. O seu tempo de duração é de mais ou menos 50 anos para a construção civil.

### **3.3 Combinações com tijolos Convencionais**

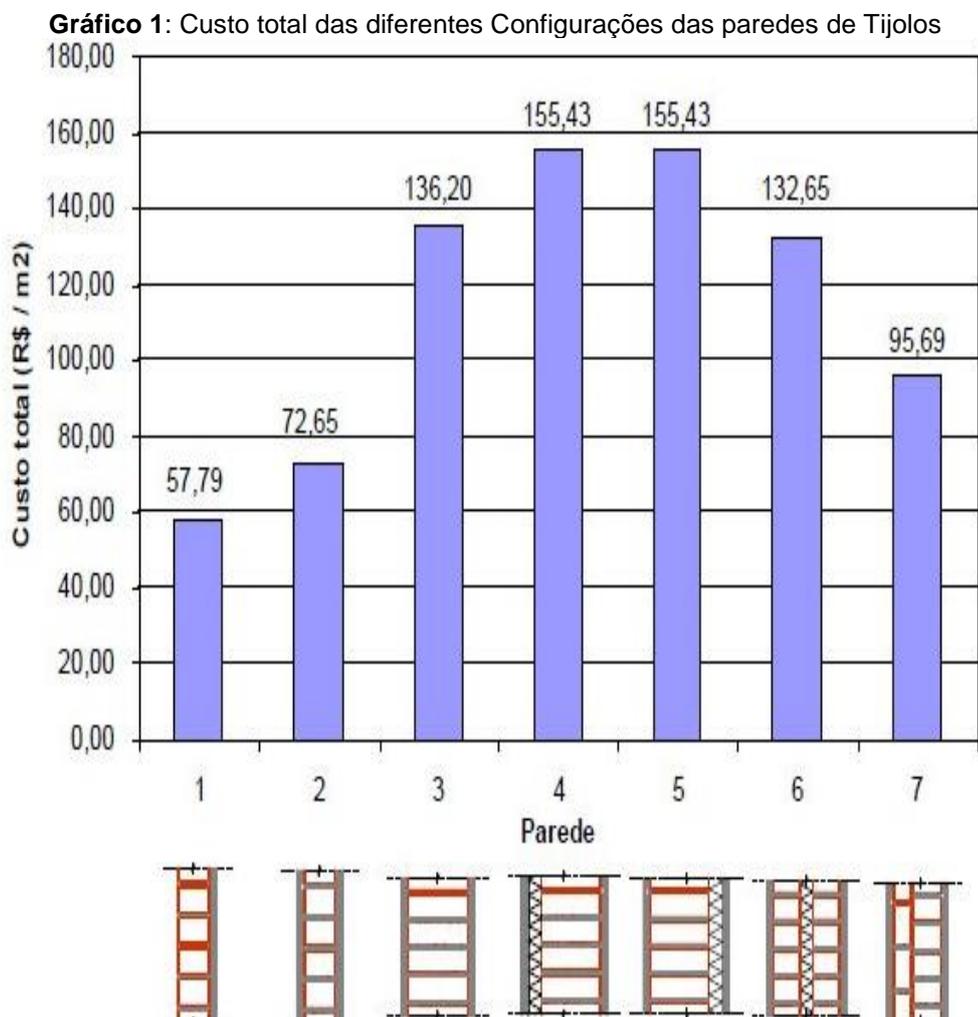
Segundo Pivoto et al. (2010), através de testes e estudos realizados em paredes revestidas com tijolo, reboco e poliestireno, esse sistema apresentou um desempenho significativo no isolamento da transferência de calor, visando uma melhor utilização dos materiais e à minimização do gasto de energia com refrigeração e aquecimento de ambientes. Na figura 1 estão demonstradas as diferentes combinações possíveis para instalações de tijolos:

**Figura 1: Possíveis Configurações com as Paredes de Tijolos**



**Fonte:** Pivoto et al, 2010.

Para realização das análises de custos por metro quadrado entre as diferentes configurações das paredes, foram recolhidos dados dos custos dos materiais no SINAPI (SISTEMA..., 2009), diante disso os dados serão mostrados no gráfico 1 a seguir:



Fonte: Pivoto et al, 2010.

Após realizar os cálculos com finalidade de obter a melhor parede com relação ao custo-benefício, foi demonstrado na tabela 1 abaixo o desempenho termo econômico entre as diferentes combinações possíveis com tijolos convencionais com finalidade de obter melhor conforto térmico de ambientes fechados.

**Tabela 1:** Desempenho Termo-econômico das diferentes Configurações das paredes

| Desempenho termo-econômico | Classificação geral | Parede | Configuração (cm)   | Espessura Total (cm) |
|----------------------------|---------------------|--------|---|----------------------|
| Alto                       | 1°                  | P4     | reboco (2,5)+EPS (5)+tijolo (23)+reboco (2,5)                   | 33,0                 |
|                            | 2°                  | P3     | reboco (2,5)+tijolo (23)+reboco (2,5)                           | 28,0                 |
|                            | 3°                  | P5     | reboco (2,5)+tijolo (23)+EPS (5)+reboco (2,5)                   | 33,0                 |
|                            | 4°                  | P6     | reboco (2,5)+tijolo (11,5)+EPS (5,5)+tijolo (11,5)+reboco (2,5) | 33,5                 |
| Médio                      | 5°                  | P7     | reboco (2,5)+tijolo (16,5)+reboco (2,5)                         | 21,5                 |
| Baixo                      | 6°                  | P2     | reboco (2,5)+tijolo (10)+reboco (2,5)                           | 15,0                 |
|                            | 7°                  | P1     | tijolo (10,5)+reboco (2,5)                                      | 13,0                 |

Fonte: Pivoto et al, 2010.

Sendo assim a pesquisa e os experimentos realizados afirmaram que os materiais mostraram-se eficientes em construções que requerem menor transferência de calor, para possíveis temperaturas agradáveis em ambientes, porém não dispensaram a análise caso a caso de cada edificação, pois é inevitável o estudo das variáveis intervenientes no ambiente que será construído (variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas).

Já nas análises realizadas pelo Inmetro (INSTITUTO...,1973) em diversas amostras de tijolos, notou-se que alguns absorviam maior percentagem de água e isso indica que a parede construída exposta a chuva pode sofrer aumento de carga, podendo apresentar avarias na construção.

Além disso as paredes que tem alta absorção de água revelam problemas na aderência da argamassa de reboco, devido a absorção da água presente na argamassa e, diante dessas premissas, vale ressaltar que é recomendado avaliar a qualidade dos tijolos nesses aspectos.

### **3.4 Material de Troca de Fase (PCM)**

Para Brito et al. (2016), em inglês PCMs ou *Phase Change Material* são materiais que acumulam grande quantidade de energia durante sua troca de fase, passando do estado sólido para líquido e vice-versa, ou do líquido para gasoso e vice-versa. No momento em que ocorre a troca de fase, eles absorvem ou dissipam quantidade significativa de calor mantendo sua temperatura constante e em alguns casos podem ser utilizados para absorverem calor de ambientes e proporcionar um ambiente termicamente confortável.

Há vários tipos de PCMs podendo ser utilizados na construção civil de várias formas; entre elas, misturados na argamassa, utilização por microencapsulamento ou macroencapsulamento. Para facilitar o entendimento foram divididos em três grandes grupos e analisados por sua composição química: Orgânicos (parafinas ou ácidos graxos), inorgânicos (sais hidratados) ou eutetóides e materiais híbridos entre os dois citados (ABHAT, 1983 *apud* PONS e STANESCU, 2017).

O PCM pode custar internacionalmente entre 10,00 US\$ - 40,00 US\$ por quilograma (ALIBABA, 2021).

Nas análises e ensaios para investigar a durabilidade e resistência do PCM introduzido nas paredes juntamente com a argamassa, notou-se que sofreu alterações significativas nas propriedades tanto no estado fresco como endurecido.

Assim, essa técnica necessita um aumento da porcentagem de água na argamassa para conseguir introduzir e modelar a mesma juntamente com o PCM por ser bem fino. Nos estudos de resistência mecânica (resistência à flexão, resistência à compressão e aderência) também foi notada uma diminuição na resistência quando introduzido o PCM. Essas alterações ocorreram devido à presença da maior quantidade de água, originando uma porosidade maior na argamassa e facilidade para absorção de agentes agressores devido a absorção de água por imersão, que levou à diminuição da resistência mecânica. Consequentemente, prejudicou-se a durabilidade das estruturas (CUNHA et al., 2015).

Porém, esses impactos podem ser reduzidos com a incorporação de 1% de fibras Poliamida e argamassas com base de cimento que possuem menor sensibilidade a certas ações ocorridas e menor porosidade, tendo como consequência melhor aproveitamento (CUNHA et al., 2015).

Staszczuk e Kuczynski (2021), também apresentou experimentos realizados com o PCM na Polônia em Zielona Gora e devido à alta temperatura do ambiente não foi possível solidificar o PCM, consequentemente obteve ineficiência na utilização do material.

Pons e Stanescu (2017), realizaram estudos e análises computacionais entre 8 estados brasileiros em diferentes regiões para analisar o comportamento do material devido ao PCM necessitar de uma certa temperatura ideal para trocar de fase e estratégias diferentes para cada instalação. O material apresentou eficiência em 5 estados brasileiros e concluiu que não se pode apontar uma solução única sobre a utilização do material de troca de fase (PCM) para proporcionar conforto térmico em qualquer ambiente.

Sendo assim, pelas afirmações e estudos realizados pode-se concluir que há vários métodos de aplicações do PCM e necessita realizar estudos experimentais para melhor prever a instalação. É necessário, para algumas delas, também monitorar temperaturas internas do edifício, tamanho, localização, características térmicas, o

histórico de temperatura ao ar livre e etc. Caso contrário, o PCM pode não ser eficaz para proporcionar conforto térmico.

### 3.5 Reforma Inteligente para alcançar conforto térmico em Residências

De acordo com estudos fornecidos por Espinoza et al. (2009), no Peru, um total de 3 milhões e 713 mil habitantes, que vivem em mais de 931 mil habitações rurais (CENSO NACIONAL DE 2007 *apud* ESPINOZA et al. 2009), estão expostos a condições climáticas extremas nos departamentos de Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Ancash, Apurimac, Cusco, Huancavelica, Huanuco, Junín, LaLibertad, Moquegua, Pasco, Puno e Tacna. De janeiro a outubro de 2009, 665 pessoas morreram, entre elas crianças e idosos, devido a doença respiratória pneumonia (MINISTÉRIO DA SAÚDE *apud* ESPINOZA et al. 2009).

Realizaram diagnósticos e decidiram que deveriam elevar a temperatura interna das casas, o processo consistiu nas principais configurações de modificação sendo, para o período mais frio da região, obtidas pela mini-estação que foi instalada pra captar as variações meteorológicas, sendo elas:

- Diminuição das trocas de ar dos ambientes com o exterior
- estufa presa nas paredes dos quartos
- estufas presas na cozinha e sala de estar
- Isolamento de pisos de ambientes: leito de pedra (15cm) – ar (6 cm) – tábuas de madeira (2 cm)
- Isolamento de tetos com uma configuração tipo sanduíche: calamina metálica – palha – placas de cimento de fibra
- as claraboias translúcidas nos telhados, com a área ocupada por aproximadamente 25% da área do telhado e coberta por um manto de lã de 2 cm de espessura
- Trocas aéreas durante o dia entre ambientes e estufas anexadas.

Porém notou-se que com essas modificações as temperaturas ficaram acima de 18 °C quando normalmente a população está acostumada a temperaturas baixas ao longo de suas vidas e, portanto, não seria apropriado tomar em conta temperaturas

elevadas como essas. Desta forma, tomaram como referência uma temperatura de 15°C e realizaram modificações finais para alcançar esse desafio, que foram:

- todos os quartos um telhado isolante
- na sala 5 claraboias de policarbonato cada uma de 1,2m x 1m, que são cobertas à noite como detalhadas acima, o piso não é isolado
- Nos quartos: pisos isolados de acordo com a configuração mencionada, não são considerados claraboias.
- Estufas: uma presa aos quartos e outra anexada à sala e cozinha.
- Na cozinha: foi construído um fogão melhorado que tem maior eficiência no consumo de lenha e quase não solta fumaça.

A seguir, na tabela 2, serão mostrados os resultados das condições térmicas antes das modificações nas residências e na tabela 3 após as modificações.

**Tabela 2:** condições térmicas em 2008, antes das modificações construtivas.

| 2008   |                                       |  |  |                                  |   |   |
|--------|---------------------------------------|--|--|----------------------------------|---|---|
| Meu    | Temperatura média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura máxima média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura mínima média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura média - Cozinha [°C] | Temperatura máxima média - Cozinha [°C] | Temperatura mínima média - Cozinha [°C] |
| Junho  | 8.8                                   | 13.3   | 5.0  | 10.7                             | 20.5                                    | 5.1                                     |
| Julho  | 7.6                                   | 12.8   | 3.1  | 9.6                              | 17.1                                    | 3.1                                     |
| Agosto | 9.4                                   | 14.7   | 4.8  | 11.1                             | 18.8                                    | 4.7                                     |

**Fonte:** Espinoza et al, 2009.

**Tabela 3:** condições térmicas em 2009, após as modificações construtivas.

| 2009   |                                       |  |  |                                  |   |   |
|--------|---------------------------------------|--|--|----------------------------------|---|---|
| Meu    | Temperatura média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura máxima média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura mínima média - Dormitório 1 [°C] | Temperatura média - Cozinha [°C] | Temperatura máxima média - Cozinha [°C] | Temperatura mínima média - Cozinha [°C] |
| Junho  | 11.0                                  | 13.5   | 8.9  | 16.0                             | 21.8                                    | 11.2                                    |
| Julho  | 10.2                                  | 12.3   | 8.4  | 15.7                             | 20.9                                    | 11.2                                    |
| Agosto | 10.3                                  | 12.9   | 8.1  | 15.9                             | 21.1                                    | 11.4                                    |

**Fonte:** Espinoza et al, 2009.

Foram também fornecidos por Espinoza et al. (2009), os custos das casas quando não eram projetadas para melhorar o conforto térmico e após as modificações realizadas. Para possíveis comparações, estes dados foram listados abaixo na tabela 4.

**Tabela 4:** Comparações de custos antes e após modificações nas residências

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Área total da moradia original (m <sup>2</sup> )            | 68.63                        |
| Área total da habitação modificada (m <sup>2</sup> )        | 92.47                        |
| Custo total da modificação, incluindo mão-de-obra (dólares) | 3028.28                      |
| Custo da mão-de-obra (dólares)                              | 336.21                       |
| Duração   | 21 dias trabalhando 3 homens |

**Fonte:** Espinoza et al, 2009.

Espinoza et al. (2009), por fim apresentaram que a durabilidade dos materiais de acordo com o fabricante que a fibra tem vida útil de 15 anos e a madeira de 5 anos, já os outros materiais utilizados demonstram tempo indeterminado.

Conclui-se que foi possível elevar a temperatura do ar dentro da elevada habitação rural em andina de condições subumanas (mínima de 3 °C) para condições adequadas ao meio ambiente (mínima de 11 °C); utilizando elementos de construção adequados e a energia solar como fonte de aquecimento.

### 3.6 Concreto Armado e Gesso

De acordo com Amianti (2005), o concreto é um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante, dentro do qual estão mergulhadas partículas ou fragmentos de agregados. No cimento hidráulico, o meio aglomerante é formado por uma mistura de cimento e água.

O cimento hidráulico mais utilizado para fazer o concreto é o cimento Portland, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos. Esses, por sua vez hidratados, são os principais responsáveis pela característica adesiva do cimento Portland, sendo estáveis em meios aquosos. O cimento Portland anidro é um pó cinza que consiste de partículas angulares de tamanho compreendido entre 1 a 50 $\mu$ m. É produzido pela moagem do clínquer (nódulos de 5 a 25mm de diâmetro) com uma pequena quantidade de sulfato de cálcio, sendo o clínquer uma mistura heterogênea de vários minerais produzidos em reações a alta temperatura, entre óxido de cálcio e sílica, alumina e óxido de ferro. A composição química dos principais minerais que compõem o clínquer corresponde aproximadamente a C3S, C2S, C3A e C4AF. No cimento Portland comum, as suas respectivas quantidades estão comumente entre: 45 e 60%, 15 e 30%, 6 e 12% e 6 e 8% (AMIANTI, 2005).

Ainda de acordo com Staszczuk e Kuczynski (2021), o centro de pesquisa sustentável perto de Zielona Gora na Polônia, conduziu testes em residências onde principais alterações foram feitas nas paredes e telhado com concreto armado revestido com madeira e logo após a madeira foi substituída por gesso. Diante disso, realizaram análises podendo concluir que a temperatura de um quarto caiu 2 °C durante dois primeiros dias de ondas de calor contínuos. E o mais importante é que a variação máxima da temperatura diária dos quartos ficou entre 2 °C e 2,5 °C durante a maior parte das ondas de calor de agosto de 2015, durante 15 dias. Isso significa que o quarto revestido de gesso não perdeu suas propriedades isolantes mesmo nos dias quentes seguintes ao teste.

Com relação às categorias de concreto, segundo Mehta e Monteiro (1994), temos classificações baseadas na massa específica ou quanto à sua resistência. Classificação pela massa específica: Concreto de peso normal (ou corrente): massa específica de 2400 kg/m<sup>3</sup>; Concreto leve: massa específica inferior a 1800 kg/m<sup>3</sup>; Concreto pesado: massa específica, geralmente, excedente à 3200 kg/m<sup>3</sup>. Para a

classificação quanto à resistência à compressão temos: Concreto de baixa resistência, resistência inferior a 20 MPa; concreto de resistência moderada, resistência de 20 a 40 MPa; concreto de alta resistência: resistência superior a 40 MPa. O concreto pode durar de 50 a 100 anos dependendo de como foi feito e quais as condições ambientais impostas sobre ele.

### **3.7 Acetato de Vinilo de Etileno (AVE)**

O Acetato Vinilo de etileno é um material da família dos polietilenos muito usado na indústria de sapatos e na indústria da construção (MELO, 2012). Ainda de acordo com Melo (2012), na indústria sapateira, durante o processo de fabricação das palmilhas e solas de sapato há geração desses materiais que são pouco reciclados (cerca de 20% apenas). Esse material possui uma característica muito atraente para o conforto térmico pois possui baixa condutividade térmica além de outras vantagens como leveza, boa durabilidade, resistência a pressão e outras.

Ao combinar o tijolo cerâmico usado na construção civil com o AVE foi obtido um tijolo com as características de conservação de temperatura enquanto mantinha uma força estrutural no nível aceitável para a construção. Esses blocos foram feitos a partir de uma dosagem de 1/5 com 60% do AVE substituindo o agregado natural e mantendo uma força de 1,3 MPa (POLARI FILHO, 2005).

Afirma a norma técnica 15575, que o bloco de AVE 60% é o único que atende mais de 130 kJ/m<sup>2</sup>, enquanto o concreto convencional não atende à transmissão de calor inferior a 2,5 W/(m<sup>2</sup>. K.), o AVE pode proporcionar atraso térmico menor ou igual a 4,3 horas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

A utilização do AVE pode ser aplicado na maioria das regiões bioclimáticas brasileiras, pois se encaixa nos requisitos de desempenho térmico. A utilização do mesmo com outras matérias pode melhorar o conforto térmico de uma residência e ao mesmo tempo auxiliar na reutilização, reciclagem e na economia de energia. Sua duração é de 25 anos na sua forma de espuma.

### 3.8 Compósito de madeira plástica (CMP)

Para Zhang e Chen (2021), o material compósito de madeira-plástico (CMP) é um produto termoplástico de madeira de engenharia, feito de fibras de madeira (ou fibras vegetais) e plástico de polímero por meio de um processo específico, com excelentes propriedades anticorrosivas, propriedades à prova d'água, propriedades de isolamento térmico e propriedades de fácil processamento, etc. (ASHORI, 2008 *apud* ZHANG e CHEN, 2021), e é amplamente utilizado na decoração de interiores de edifícios ou produtos de arquitetura de jardim. No passado, CMP tinha deficiências comuns, como envelhecimento fácil, baixa resistência mecânica, baixa tenacidade e baixa fluidez no processo de composição (ASHRAFI et al., 2011; BUTYLINA et al., 2011; MACHADO et al., 2016). A fim de melhorar seu desempenho, muitos estudiosos realizaram pesquisas sobre ele. Em 2014, Petchwattana e Covavisaruch (2014), estudaram as propriedades mecânicas e morfológicas de bio-compósitos plásticos de madeira preparados a partir de poliéster temperado e serragem de madeira de borracha. Usando as partículas de borracha de núcleo-casca de acrílico (CSR) como agente de endurecimento, tanto a resistência ao impacto quanto o alongamento à ruptura podem ser melhorados. Em 2019, Liu et al. (2019), descobriram uma formulação de compostos de madeira-plástico de cloreto de polivinila (PVC) com excelente resistência às intempéries, melhorando assim a resistência ao envelhecimento de produtos de CMP ao ar livre.

Zhang e Chen (2021) mostra no seu trabalho que condutividade térmica do CMP atende os requerimentos de um material conservador de temperatura e com uma condutividade térmica  $[(0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))]$  melhor do que os PVC.

O CMP é usado na decoração de residências e como material para painéis de parede externa, mas pode ser utilizado em construções de madeira para um bom desempenho termo isolante. Sua duração é de 10 a 15 anos, mas com uma manutenção simples para a substituição.

#### 4. METODOLOGIA

Nesta revisão bibliográfica foram utilizados vários artigos científicos e periódicos para elaboração de um texto que possa auxiliar na decisão entre as diferentes técnicas de construção com foco no conforto térmico e sustentabilidade. Os principais assuntos pesquisados para construção deste texto foram: conforto térmico, economia energética e ODS. Diante desses assuntos, foram abordados alguns tópicos subsequentes para alcançar os principais assuntos, sendo eles: Poliestireno, Gesso, Poliuretano, PCM e Combinações com Tijolos convencionais.

Como resultado da seleção, foram analisados 29 artigos científicos, 1 livro, 2 dados de órgãos públicos e 1 seminário. Foram utilizados textos de 1990 até 2021. Esses artigos selecionados discursavam sobre conforto térmico, economia de energias e os materiais e técnicas para a obtenção desses dois primeiros.

Foi construído um quadro de comparação entre os dados dos materiais recolhidos para facilitar a avaliação entre eles. Para a elaboração do quadro foram selecionadas as principais grandezas que influenciam a tomada de decisão para edificar uma construção termicamente isolante, encontradas no Inmetro (INSTITUTO...,1973) e nos artigos referentes ao material. Primeiramente foram demonstrados o desempenho das construções, se eficiente no inverno ou verão. Também foi demonstrado se é necessário construir ou apenas reformar o ambiente para obter excelência e considerado que reformar seria mais simples, porém alguns materiais requerem instalação na estrutura e, por fim, a durabilidade dos materiais essenciais. A Tabela para análises foi apresentado na tabela 5.

As Classificações das características vão de “A” até “C”, o “A” é a nota máxima e o “C” é a pior nota. A nota “A” significa que material possui boas qualidades para a seguinte característica, a nota “B” já é sobre uma característica boa, mas não a melhor e a “C” significa que o material não possui boa qualidade na seguinte característica. A metodologia com a sequência para utilização da tabela pode ser encontrada no exemplo 5.1 nos resultados e discussões.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido à abundância de materiais para controlar a sensação térmica dos ambientes, o compilado de materiais demonstrou que dificilmente um padrão de construção de edifícios com finalidade de conservar energia pode ser seguido, pois o projeto necessita ser planejado para a localidade da construção devido às variações meteorológicas. Somente desta forma é possível ser considerado altamente eficiente.

Normalmente os materiais ideais para ambiente frio são os materiais que têm a capacidade de absorver calor através da radiação solar e rerradiar algumas horas depois, cujo termo é conhecido como inércia térmica. O concreto, as rochas, cerâmica, o próprio solo são alguns materiais que contêm as características procuradas.

Já nos ambientes com a temperatura elevada é indicado isolar ou aplicar técnicas nas paredes através dos materiais com pouca capacidade de transferência de calor, buscando o objetivo que é absorver calor frio durante as noites ou períodos frios e não perder calor com o ambiente externo, e/ou fazer a utilização de um climatizador de ar somente até chegar à temperatura esperada e desligar o aparelho, minimizando o gasto da utilização por todo o tempo.

O trabalho apresentou vários materiais e técnicas para uma construção termicamente isolante, com vantagens e desvantagens de cada material baseado nas pesquisas de fontes encontradas. Essas comparações foram feitas por meio de um quadro avaliativo das características de cada material ilustrado abaixo na tabela 5.

Tabela 5: tabela de comparações entre os materiais apresentados.

| <b>Quadro de Comparações entre os Benefícios dos Materiais</b> |                                      |                           |                   |                     |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| <b>Materiais</b>   | <b>Características dos Materiais</b> |                           |                   |                     |
|  | <b>Desempenho (inverno)</b>          | <b>Desempenho (verão)</b> | <b>Instalação</b> | <b>Durabilidade</b> |
| <b>EPS</b>   | <b>A</b>                             | <b>A</b>                  | <b>B</b>          | <b>A</b>            |
| <b>Poliuretano</b>   | <b>A</b>                             | <b>A</b>                  | <b>A</b>          | <b>B</b>            |
| <b>Combinações com Tijolos</b>                                 | <b>B</b>                             | <b>B</b>                  | <b>C</b>          | <b>A</b>            |
| <b>PCM</b>   | <b>C</b>                             | <b>A</b>                  | <b>A</b>          | <b>B</b>            |
| <b>Concreto /Gesso</b>   | <b>C</b>                             | <b>A</b>                  | <b>C</b>          | <b>B</b>            |
| <b>Reformas Inteligentes</b>                                   | <b>A</b>                             | <b>C</b>                  | <b>C</b>          | <b>C</b>            |
| <b>EVA</b>   | <b>A</b>                             | <b>A</b>                  | <b>C</b>          | <b>C</b>            |
| <b>WPC</b>   | <b>A</b>                             | <b>A</b>                  | <b>A</b>          | <b>C</b>            |

Fonte: Autor

A tabela será usada de maneira para ir selecionando quais materiais são compatíveis com a obra. Começando pelo planejamento da obra, é necessário saber alguns detalhes importantes: o primeiro é saber que tipo de conservação é necessário

para sua obra ou que tipo de ambiente vai estar sujeito a conservação de temperatura, seja em um lugar frio como o Rio Grande do Sul, uma casa no interior no nordeste com as altas temperaturas ou nas grandes variações e imprevisíveis climas onde no mesmo mês há a possibilidade de ter dias com temperaturas de 32°C e outros 15°C, como é o caso nas regiões sudeste e centro-oeste. Outro detalhe importante é em que estágio está a sua construção: se a construção ainda vai ser iniciada então não haverá problema em usar materiais de instalação complexa, por outro lado, se a obra já estiver concluída possivelmente os materiais de instalação difícil sairão muito caros, fazendo com que o retorno do investimento demore mais ou não aconteça. A última parte a se atentar é vida útil do material, pois certos materiais possuem uma vida útil tão grande que pode ser maior do que a vida útil da construção, porém outros têm uma vida útil menor, mas dependendo do material a manutenção sendo fácil de realizar significa que investimento vai durar enquanto os cuidados com a obra continuarem.

Foi demonstrado através de um exemplo no 5.1 uma das possíveis maneiras de selecionar o projeto ideal.

### **5.1 Proposta Metodológica de utilização**

Um cliente deseja fazer uma casa do zero no município de Resende no interior do estado do Rio de Janeiro. Sabendo-se que nesse município pode haver dias em que a temperatura fica entre 7°C a 15°C no inverno e no verão pode ir de 25°C até 32°C, pode-se concluir que é necessário um material eficiente tanto para o frio como para os dias de calor. A obra é do zero, o que significa que a instalação de materiais mais difíceis de instalar são também alternativas viáveis. Ao conversar com o cliente ele diz que não quer ficar se preocupando com manutenção e que um material com vida útil longa é o desejável.

Primeiro foi necessário selecionar o desempenho de acordo com a necessidade do cliente, descartando as opções inadequadas, o “A” representa o material com o melhor desempenho, o “B” desempenho razoável e o “C” baixo desempenho, de acordo com essas características foi representado na tabela 6.

**Tabela 6:** Tabela de comparações entre o desempenho da obra.

| Quadro de Comparações entre os Benefícios dos Materiais |                               |                    |            |              |
|---|-------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| Materiais   | Características dos Materiais |                    |            |              |
|   | Desempenho (inverno)          | Desempenho (verão) | Instalação | Durabilidade |
| EPS   | A                             | A                  | B          | A            |
| Poliuretano   | A                             | A                  | A          | B            |
| Combinações com Tijolos                                 | B                             | B                  | C          | A            |
| PCM   | C                             | A                  | A          | B            |
| Concreto /Gesso   | C                             | A                  | C          | B            |
| Reformas Inteligentes                                   | A                             | C                  | C          | C            |
| EVA   | A                             | A                  | C          | C            |
| WPC   | A                             | A                  | A          | C            |

Fonte: Autor

Após realizar a análise sobre o desempenho a próxima etapa é selecionar o tipo de instalação de acordo com o estágio que a obra se encontra, a classificação “A” é referente a uma obra que requer somente reforma, o “B” é a reforma um pouco complexa e o “C” exige a construção inicial dès da base, a tabela 7 segue de acordo com o exemplo.

**Tabela 7:** Tabela de comparações entre a instalação da obra.

| Quadro de Comparações entre os Benefícios dos Materiais |                               |                    |            |              |
|---|-------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| Materiais   | Características dos Materiais |                    |            |              |
|   | Desempenho (inverno)          | Desempenho (verão) | Instalação | Durabilidade |
| EPS   | A                             | A                  | B          | A            |
| Poliuretano   | A                             | A                  | A          | B            |
| Combinações com Tijolos                                 | B                             | B                  | C          | A            |
| PCM   | C                             | A                  | A          | B            |
| Concreto /Gesso   | C                             | A                  | C          | B            |
| Reformas Inteligentes                                   | A                             | C                  | C          | C            |
| EVA   | A                             | A                  | C          | C            |
| WPC   | A                             | A                  | A          | C            |

Fonte: Autor

Na etapa abaixo realizou-se a parte final da seleção, onde foi necessário filtrar a durabilidade. A classificação “A” foi considerada uma duração indeterminada ou muito longa, o “B” é entre 25 e 75 anos e o “C” é até 25 anos, desta forma a tabela 8 demonstra a parte final da análise e aponta quais os materiais ideais para a obra requerida no exemplo, sendo eles o Poliestireno e o Poliuretano.

**Tabela 8:** Tabela de comparações entre a durabilidade da obra.

| Quadro de Comparações entre os Benefícios dos Materiais |                               |                    |            |              |
|---|-------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| Materiais   | Características dos Materiais |                    |            |              |
|   | Desempenho (inverno)          | Desempenho (verão) | Instalação | Durabilidade |
| EPS   | A                             | A                  | B          | A            |
| Poliuretano   | A                             | A                  | A          | B            |
| Combinações com Tijolos                                 | B                             | B                  | C          | A            |
| PCM   | C                             | A                  | A          | B            |
| Concreto /Gesso   | C                             | A                  | C          | B            |
| Reformas Inteligentes                                   | A                             | C                  | C          | C            |
| EVA   | A                             | A                  | C          | C            |
| WPC   | A                             | A                  | A          | C            |

Fonte: Autor

## 6. CONCLUSÕES

Constatou-se a existência de diferentes materiais e técnicas na busca por um ambiente termicamente confortável, porém é mais fácil e menos desgastante ter um compilado para dar início a pesquisa sobre o assunto e analisar quais materiais buscar. Observa-se que o objetivo principal desta pesquisa foi alcançado, pois foi possível apresentar e realizar análises de vários materiais e seus benefícios através da revisão bibliográfica, norteando o usuário. Notou-se que ambientes termicamente isolantes são o próximo passo da evolução dos edifícios, devido ao conforto proporcionado e desenvolvimento sustentável.

O texto se sustenta pelo fato de os autores consultados destacarem que paredes termicamente isolantes tem valor inicial construtivo adicional, porém determinados projetos podem ser benéficos a longo prazo, através de conforto térmico e economia energética.

Observa-se que existe uma desinformação devido aos poucos estudos sobre as construções termicamente isolantes, podendo causar uma indecisão na hora de edificar pelo valor construtivo inicial ser elevado.

Por fim, conclui-se que o avanço tecnológico no mundo está cada vez mais aliado ao desenvolvimento sustentável e qualidade de vida. A população mundial procura o melhor para seu bem-estar e tecnologias sustentáveis, sendo assim as construções termicamente isolantes podem proporcionar conforto e minimizar o uso de energias não renováveis.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Os custos não foram incluídos na tabela pois o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices na Construção Civil (SINAPI) apresenta na sua tabela medidas diferentes para cada material, não havendo assim uma medida de comparação comum. Uma comparação mais eficiente entre os materiais, que vise analisar custos utilizando medidas equivalentes entre os mesmos, poderá ser abordada em trabalho complementar e futuro.

Vale analisar também tecnologias mais recentes, como as relacionadas a nanotecnologia, que se refere a manipulação da matéria numa escala atômica e molecular, ou seja, é a ciência e tecnologia que foca nas propriedades especiais dos materiais de tamanho nanométrico.

## REFERÊNCIAS

- ALIBABA. **Pcm microencapsulado na pintura do óleo**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/pcm-microencapsulated-in-oil-paint-1570337555.html>. Acesso em: 29 setembro. 2021
- AMIANTI, M. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-fabricado**. 2005. Dissertação (Mestrado) - REDEMAT, 2005.
- ARAUJO, L, C, R. **Caracterização Química, Térmica e Mecânica de Poliuretanas Elastoméricas baseadas em materiais Oleoquímicos**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 2004.
- ASHRAFI, M.; VAZIRI, A.; NAYEB-HASHEMI, H. **Effect of processing variables and fiber reinforcement on the mechanical properties of wood plastic composites**. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004 - Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Parte 4: Sistemas de vedações externas e internas”**. Rio de Janeiro. 2012.
- BRITO, A; AKUTSU, M; SALLES, E; CASTRO, G; **Características térmicas de materiais de mudança de fase adequados para edificações brasileiras**. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100128>. Acesso em: 21 setembro. 2021.
- BUTYLINA, S.; MARTIKKA, O.; KÄRKI, T. **Physical and mechanical properties of wood-polypropylene composites made with virgin and/or recycled polypropylene**. 2011.
- CLEMITSON, I, R. **Castable polyurethane elastomers**. 1ª Ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- CUNHA, A; AGUIAR, J; FERREIRA, V; TADEU, A. **Argamassas com incorporação de Materiais de Mudança de Fase (PCM): Caracterização física, mecânica e durabilidade**. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0025>. Acesso em: 28 setembro. 2021.
- EPS – **Poliestireno Expansível**. **Comissão Setorial**, (2007). Disponível em <http://www.epsbrasil.eco.br/>. Acesso em: 1 setembro. 2021.
- ESPINOZA, R; SAAVEDRA, G; HUAYLLA, F; GUTARRA, A; MOLINA, J; BARRIONUEVO, R; LAU, L. **Evaluación Experimental de Cambios Constructivos para Lograr Confort Termico em una Vivienda Altoandina Del Perú**. v. 13, n.1, 2009. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97335>. Acesso em: 13 agosto. 2021.
- FROTA, A, B.; SCHIFFER, S, R. **Manual de Conforto Térmico**. 2001. 5º edição.

GALLOIS, N, S, P. **Análise das condições de stress e conforto térmico sob baixas temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina.** 2002. 140fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2002.

HITWISE. Online Searches for “**Global Warming**” Heating Up in February. Disponível em:<http://www.hitwise.com/presscenter/hitwiseHS2004/globalwarming.php>. Acesso 30 setembro. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Informação ao Consumidor.** Disponível em:<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>. Acesso em: 29 setembro. 2021

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F, O, R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192 p

LIMA, A, J, M. **Estudo da utilização poliuretano expandido reciclado como adição na produção de blocos de concreto.** 290p., Projeto de Dissertação. UFPR, Curitiba, 2003.

LIU, B.; LIU, J, Z.; LIU, T.; LI, Y.; YE, N, B.; WANG, Q, W. **Effect of additives with different electromagnetic spectrum responses on weather resistance of PVC wood plastic products.** Synth. Mater. Aging Appl. 2019.

MACHADO, J, S.; SANTOS, S.; PINHO, F, F, S.; LUÍS, F.; ALVES, A.; SIMÕES, R.; RODRIGUES, J, C. **Impact of high moisture conditions on the serviceability performance of wood plastic composite decks.** Dez. 2016.

MELO, A, B.; SILVA, E, P. **Lightweight concrete blocks with EVA recycled aggregate: a contribution to the thermal efficiency of building external walls;** 2013.

MORAES, C.; BRASIL, P. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental.**

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO – OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental Outlook for the Chemicals industry.** Relatory, 161 p., Paris, 2001.

PEÑA, C.; GHISI, E.; PEREIRA, C. **Comparação entre necessidade e disponibilidade de vento e radiação solar para fins de análise bioclimática de edificações em Florianópolis,** 2 dez. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5379/4720>

PETCHWATTANA, N.; COVAVISARUCH, S. **Mechanical and morphological properties of wood plastic biocomposites prepared from toughened poly(lactic acid) and rubber wood sawdust (Hevea brasiliensis).** J. Bionic Eng. 2014.

PIVOTO, L; AUGUSTO, P; FORGIARINI, G; VARNIER, R. **Análise da Transferência de calor em paredes compostas por diferentes materiais.** 2010. Disponível em:[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212010000400002&script=sci\\_artext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212010000400002&script=sci_artext)

PONS, V.; STANESCU, G. **Materiais com mudança de fase: análise de desempenho energético para o Brasil**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 8, n. 2, p. 127-140, jun. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i2.8650228>. Acesso em: 21 set. 2021.

SEMINÁRIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2015, Passo Fundo. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental Passo Fundo. Anais**. Rio Grande do Sul 2015.

SILVA, V, G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Relatórios de Insumos e de Serviços por Estado**. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/index.asp>>. Acesso em: 20 out. 2021.

STASZCZUK, A; KUCZYNSKI, T. **The impact of wall and roof material on the summer thermal performance of building in a temperate climate**. 2021.

TESSARI, J. **Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

VILAR, W. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**. 3ª edição. Rio de Janeiro. 2002.

ZHANG, L.; CHEN, Z.; DONG, H.; FU, S, MA, L; YANG, X. **Wood plastic composites based wood wall's structure and thermal insulation performance**. 2020