



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CONDUTIVIDADE TÉRMICA NOS NOVOS COMPÓSITOS À BASE DE GESSO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

JOSÉ JÚLIO FERREIRA VASCONCELOS DE MIRANDA

João Pessoa

2023

JOSÉ JÚLIO FERREIRA VASCONCELOS DE MIRANDA

CONDUTIVIDADE TÉRMICA NOS NOVOS COMPÓSITOS À BASE DE GESSO: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba, como parte dos
requisitos necessários para obtenção de título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat
Diógenes.

João Pessoa

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M672c Miranda, Jose Julio Ferreira Vasconcelos de.
Conductividade térmica nos novos compósitos à base de gesso: uma revisão sistemática / Jose Julio Ferreira Vasconcelos de Miranda. - João Pessoa, 2023.
66 f.

Orientação: Hidelbrando José Farkat Diógenes.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Propriedades térmicas. 2. Conductividade térmica.
3. Gesso. 4. Compósitos. 5. Conforto térmico. 6.
Resfriamento. 7. Aquecimento global. 8. Calor. I.
Diógenes, Hidelbrando José Farkat. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

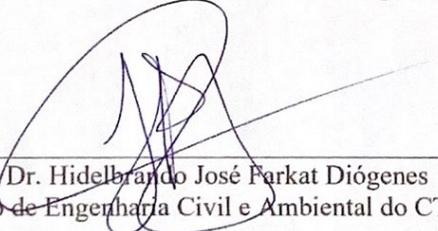
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ JÚLIO FERREIRA VASCONCELOS DE MIRANDA

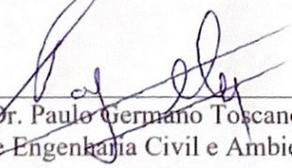
**CONDUTIVIDADE TÉRMICA NOS NOVOS COMPÓSITOS À BASE DE GESSO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso em 10/11/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:



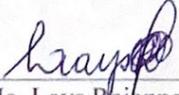
Prof. Dr. Hidelbrando José Parkat Diógenes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Prof. Dr. Paulo Germano Toscano Moura
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

aprovado



Prof. Me. Lays Raimane Azevedo da Costa
Curso de Engenharia Civil da UNIPE

APROVADO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser meu melhor amigo.

À minha família, por sempre me proporcionar o melhor.

Aos meus amigos, por estarem juntos durante toda caminhada, em especial a Caio Borges, Diego Souza, Lucas Fernandes, Matheus Dantas, Ricardo Filho e Yussef Harun.

Ao Prof. Dr. Hidelbrando José pelo suporte durante o período de estudo.

À GDR Engenharia e Empreendimentos pelos anos de trabalho e ensino prestados ao meu desenvolvimento.

A todos que puderam ajudar nessa realização.

RESUMO

A necessidade de proporcionar ambientes com melhores confortos térmicos e diminuir os impactos do aquecimento global no planeta leva a engenharia, no setor da construção civil, a desenvolver e utilizar novos compósitos que tenham propriedades térmicas superiores aos seus materiais individuais já utilizados nos dias de hoje. O gesso age como bom produto para ser base desses compósitos, pelo fato de ser muito usado nas construções, com grandes quantidades de exploração, permitir o uso de pouco energia na sua produção comparado com outros grandes materiais da construção e possuir boas propriedades térmicas. Desse modo, este trabalho teve como principal objetivo entender e discutir os motivos que levam a alteração das propriedades térmicas do gesso através de uma revisão sistemática e propor alternativas que mitiguem os efeitos negativos dessas alterações no conforto térmico. Os resultados através dos artigos mostraram que os aditivos mais porosos, com densidade mais baixa que o gesso, foram capazes de diminuir a condutividade térmica dos novos compósitos, dificultando a transferência de calor e gerando um melhor conforto térmico para o ambiente. Entretanto, poucos estudos ainda possuem relevância e impacto para alterar de maneira prática no uso desses materiais, sendo como sugestão o desenvolvimento de pesquisas com materiais provenientes de resíduos da construção com alto teor de porosidade, maior que o gesso, de modo a diminuir a condutividade térmica do novo compósito. Concluindo, assim, que materiais como resíduo de madeira, de plástico, de fibras de acetato de celulose, aparas de madeiras, palha, fibras da palmeira doum, EPS e XPS e materiais de mudança de fase conseguem ao ser introduzidos no gesso, propiciar uma argamassa que trará melhores propriedades térmicas.

Palavras-chave: Propriedades térmicas; condutividade térmica; gesso; compósitos; conforto térmico; resfriamento; aquecimento global; calor.

ABSTRACT

The need to provide environments with better thermal comfort and reduce the impacts of global warming on the planet leads engineering in the construction sector to develop and use new composites with thermal properties superior to their individual materials currently used. Plaster acts as a suitable base for these composites, as it is widely used in construction, with large quantities in exploitation, allowing for low energy use in its production compared to other major construction materials, and possessing good thermal properties. Thus, this work aimed to understand and discuss the reasons for the alteration of the thermal properties of plaster through a systematic review and propose alternatives to mitigate the negative effects of these changes on thermal comfort. The results from the articles showed that more porous additives, with lower density than plaster, were able to reduce the thermal conductivity of the new composites, hindering heat transfer and generating better thermal comfort for the environment. However, few studies still have relevance and impact on practically altering the use of these materials. As a suggestion, the development of research with materials from construction waste with high porosity, greater than plaster, is recommended to decrease the thermal conductivity of the new composite. In conclusion, materials such as wood waste, plastic, cellulose acetate fibers, wood chips, straw, doum palm fibers, EPS and XPS, and phase change materials can, when introduced into plaster, provide mortar with better thermal properties.

Keywords: Thermal properties; thermal conductivity; plaster; composites; thermal comfort; cooling; global warming; heat.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Objetivos.....	13
1.2. Justificativa.....	14
1.3. Metodologia Geral do TCC.....	14
1.4. Estrutura do Trabalho.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1. Propriedades Térmicas.....	16
2.1.1. Condutividade Térmica.....	16
2.1.2. Conforto Térmico.....	18
2.2. Produção do Gesso.....	22
2.3. Compósitos.....	24
2.3.1. A construção civil e a sustentabilidade.....	25
2.4. O Gesso na Construção Civil e sua Aplicação.....	26
2.4.1. Aplicação do gesso em pasta.....	27
3. METODOLOGIA.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1. Avaliação dos Artigos.....	35
4.2. Revisão Sistemática da Literatura.....	36
4.2.1. Resultados dos Artigos.....	36
4.2.2. Resultados da Análise Bibliométrica Simplificada.....	42
4.2.3. Discussões dos Artigos.....	44
4.2.4. Discussões da Análise Bibliométrica Simplificada.....	52
4.2.5. Correlação dos artigos com a Norma ABNT NBR 15575-4.....	54
4.2.6. Resumo Crítico dos Resultados e Discussões	57
5. CONCLUSÕES.....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da metodologia <i>PRISMA</i>	15
Figura 2: Arranjo experimental simples para determinar a condutividade térmica de um material.....	17
Figura 3: Zona bioclimática do Brasil.....	19
Figura 4: Transmitância térmica de paredes externas.....	20
Figura 5: Capacidade térmica de paredes externas.....	20
Figura 6: Condutividade térmica do gesso.....	21
Figura 7: Condutividade térmica do cimento.....	22
Figura 8: Ciclo não contínuo da origem e utilização do gesso.....	23
Figura 9: Materiais usados nos estudos de compósitos à base de gesso.....	25
Figura 10: Execução de serviço de pasta de gesso desempenado.....	30
Figura 11: Execução de serviço de pasta de gesso sarrafeado.....	31
Figura 12: Fluxograma da metodologia <i>PRISMA</i>	33
Figura 13: Transmitância térmica de paredes externas.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição dos parâmetros conforme a NBR 15220.....	20
Tabela 2: Combinações de palavras-chaves utilizadas.....	31
Tabela 3: Filtros utilizados para inclusão e exclusão dos artigos.....	34
Tabela 4: Artigos encontrado a partir da base de dados <i>SCOPUS</i>	36
Tabela 5: Aditivos utilizados no gesso para cada artigo estudado.....	37
Tabela 6: Objetivos dos artigos.....	38
Tabela 7: Metodologias utilizadas por cada artigo.....	40
Tabela 8: Corpos de prova e sua quantidade por artigo.....	41
Tabela 9: Resultados da variação da condutividade térmica por artigo/aditivo.....	42
Tabela 10: Jornais científicos o quais os artigos foram publicados.....	43
Tabela 11: Índices dos jornais científicos.....	44
Tabela 12: Número de citações de cada artigo na base de dados <i>Scopus</i>	44
Tabela 13: Resultados de condutividade térmica obtidos em investigações anteriores de gesso.....	47
Tabela 14: Justificativa da alteração da condutividade térmica por artigo estudado.....	51
Tabela 15: Artigos com melhor qualidade de acordo com as métricas.....	54
Tabela 16: Metodologia dos artigos aceitos em jornais com melhores índices.....	55
Tabela 17: Consequência da alteração da condutividade térmica por artigo.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tipos de aditivos utilizados nos estudos dos artigos.....	41
Gráfico 2: Como os artigos resultaram na alteração da condutividade térmica.....	43
Gráfico 3: Densidade dos compósitos de diatomita/parafina/fibra de carbono/gesso.....	45
Gráfico 4: Resultados de condutividade térmica vs densidade.....	45
Gráfico 5: Condutividade térmica vs densidade.....	46
Gráfico 6: Quantidade de materiais estudados que resultaram em melhor conforto térmico para o usuário.....	53

1. INTRODUÇÃO

O gesso é um material utilizado há bastante tempo, de modo que seu mineral em estado natural, a gipsita, já era utilizado por egípcios e romanos por volta de 3000 A.C. Entretanto, a finalidade do uso deste material era muito limitada na época, sendo utilizado basicamente para ornamentos. Com o passar dos anos, no século XVIII, os franceses passaram a usar o gesso em cerca de 95% das suas construções, obras e reformas como um dos seus materiais construtivos (Munhoz; Renóbio, 2007). Ademais, o uso do gesso é crescente na construção civil, destacando sua importância como forma de fácil e rápida aplicação pela sua rápida pega e boa trabalhabilidade, além de serem leves e de baixo custo (Leitão, 2005).

Diante disso, a construção civil busca a todo momento proporcionar os melhores resultados para as obras entregues aos seus clientes, sempre tentando ajustar a relação custo-benefício e qualidade nas obras. Desse modo, para uma maior aptidão do produto final, é importante que os materiais necessários ao bom andamento das obras estejam presentes no canteiro.

Vários produtos podem ser utilizados para o revestimento da alvenaria, um deles é o gesso, que vem ganhando bastante espaço nas obras de edificação da construção civil, além de apresentar ótimas propriedades térmicas e acústicas, podendo ser aplicado diretamente nos tijolos ou blocos (Braga Júnior; Carvalho, 2020).

A argamassa de gesso vem ganhando muito mercado pelas características térmicas e acústicas, além de ser um produto que é de fácil preparo no canteiro de obras, pelo fato de ser necessário a utilização apenas de água e gesso na sua mistura, resultando em um melhor acabamento, alto índice de modelagem e rápida aplicação (Gabriel, 2018 apud Braga Júnior; Carvalho, 2020). Além disso, o Brasil é o maior produtor dessa matéria-prima, produzindo milhões de toneladas por ano, facilitando o acesso a esse produto no mercado nacional e diminuindo seu custo para os clientes locais (Brasil, 2018 apud Braga Júnior; Carvalho, 2020).

Os aspectos globais do consumo excessivo de energia e elevadas emissões de gases do efeito estufa têm ameaçado a vida futura no planeta. O setor da construção representa mais de 30% do consumo total de energia global, sendo necessário, desse modo, o aumento do uso de materiais que proporcionem maior resfriamento dos edifícios para manter o conforto térmico do ambiente (Zhang et al., 2020). Vale salientar que, entre os insumos utilizados na construção civil, o gesso apresenta um ótimo potencial de contribuição para sustentabilidade nessa indústria, pelo baixo consumo energético na sua produção e viabilidade de reciclagem

(Pinheiro, 2011). Um importante medidor do desempenho térmico do material é sua condutividade térmica, pois a partir dela tem-se a ciência da capacidade desse elemento de conduzir calor e ser um isolante térmico propiciando uma temperatura adequada para o ambiente, principalmente em lugares mais quentes (Silva, 2010).

Portanto, com esses altos índices de energia consumida e o aumento do aquecimento global, a busca por novos compósitos à base de gesso, que auxiliam na redução da energia consumida e diminuição da temperatura ambiente, são de interesse comum e importantes na sustentabilidade da construção civil. A adição desses novos materiais ao gesso, como resíduos industriais e da construção, vermiculita, vidro, sisal (Oliveira, 2010) entre outros, podem proporcionar uma melhora na condutividade térmica dessa nova composição de produto, ao ser adicionado no gesso, que por consequência gera um melhor conforto térmico para o ambiente.

Macedo *et al* (2011) estudou a incorporação de isopor ao gesso, que resultou em um material com menor condutividade térmica, resultando em um melhor conforto térmico, além de possuir um custo de produção satisfatório. Veloso *et al* (2021) reforçou o gesso com partículas de resíduo de cacau que aumentou a resistência térmica do composto, devido a diminuição da densidade e da condutividade térmica do material. Apesar desses resultados, não existem estudos que reúnem, de forma qualitativa, os principais resultados sobre a influência dos materiais desejados nas propriedades térmicas do gesso, com a revisão sistemática atendendo essa problemática.

1.1. Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo geral entender e discutir os motivos que levam a alteração das propriedades térmicas do gesso através de uma revisão sistemática e propor alternativas que mitiguem os efeitos negativos dessas alterações no conforto térmico.

Como objetivo específico, têm-se:

- Revisar sistematicamente o que traz a literatura sobre como a propriedade térmica da argamassa de gesso é alterada com a adição de novos materiais a partir da sua condutividade térmica;

1.2. Justificativa

O serviço de acabamento e revestimento, de acordo com o Sienge (2022) é um dos mais custosos em uma obra de edificação, com seus valores podendo ser de 25% a 31% do orçamento total da obra. Além do que, é um serviço de extrema importância na qualidade da obra devido ao conforto térmico que proporciona, por ser base de revestimentos mais caros e proteger o edifício de intempéries físicas e mecânicas.

Em um futuro próximo, muitas usinas de energia no país podem chegar ao fim devido aos altos teores de CO_2 liberados na atmosfera, precisando ocorrer substituição dessas usinas (Fernandes, 2008), sendo necessário dessa maneira, a incorporação de maior uso do gesso, que com a adição dos compósitos potencializam suas características térmica, aliando rapidez na aplicação, conforto térmico ao ambiente e menos consumo de energia na fabricação.

Desse modo, entender a fundo esses insumos traz mais segurança financeira, física, térmica e longa da construção para construtora e clientes. Portanto, reunir informações sobre pesquisas e estudos que auxiliam na melhoria do custo-qualidade-tempo com novos materiais à base de gesso para a obra é de grande relevância e interesse no contexto da construção civil.

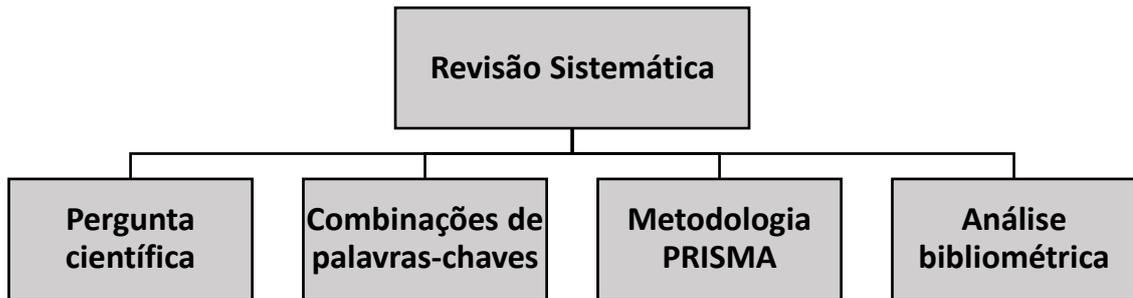
1.3. Metodologia Geral do TCC

A revisão sistemática da literatura traz uma análise crítica do estágio atual da sua produção científica, identificando lacunas, consensos e controvérsias acerca do tema (Brizola; Fantin, 2016). Nesse quesito, esse tipo de revisão pode ser útil para filtrar trabalhos acadêmicos de qualidade que trazem resultados pertinentes e sugestões para futuros trabalhos que possam ser aplicados de maneira prática no mercado.

Para o presente trabalho foi determinado uma revisão sistemática da literatura do tipo configurativa, que de acordo com Morandi; Camargo (2015), visa explorar um tema de forma mais abrangente, na busca de extrair estudos primários e dados qualitativos para serem interpretados ao longo do estudo.

O esquema da Figura 1 traz resumidamente como foi estabelecido a metodologia e a sequência de pesquisa do estudo presente.

Figura 1: Esquema da metodologia utilizada



Fonte: Autor (2023)

1.4. Estrutura do Trabalho

O trabalho é estruturado além de uma introdutória sobre seu assunto e os objetivos dele, de uma fundamentação teórica, abordando o gesso, sua aplicação na forma de argamassa, suas propriedades térmicas e compósitos na sua introdução. Ainda, organiza-se com a metodologia utilizada para a revisão sistemática da literatura acerca do assunto, fazendo possível, assim, obter uma conclusão sobre o estudo executado, após seus resultados e discussões.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Propriedades Térmicas

As propriedades térmicas dos materiais são importantes para uma caracterização dos elementos e sistemas construtivos utilizados na construção civil. As três características termo físicas mais importantes com forte relação é a massa específica aparente, condutividade térmica e o calor específico.

De acordo com a NBR 15220-2 (2005), com a relação dessas três características é possível calcular as principais características térmicas dos componentes construtivos, avaliando seu desempenho térmico. Podemos citar a resistência térmica e a transmitância térmica, relacionadas com a espessura e condutividade térmica do material, e a capacidade térmica e atraso térmico, que nesse caso, está relacionado com o calor específico e massa específica aparente.

Ainda, podemos entender que o comportamento térmico em geral desses elementos é de crucial importância para as edificações, sendo em particular, um baixo valor de condutividade térmica apreciado pela sua habilidade de gerar um isolamento térmico (Xu; Chung, 2000).

2.1.1. Condutividade Térmica

Condutividade térmica é a medida de a capacidade de um material conduzir calor, ou ainda, a taxa de transferência de calor através de uma unidade de comprimento de dado material por unidade de área de diferença de temperatura (Ribeiro *et al*, 2003).

Uma camada de material de espessura e área conhecida pode ser aquecida em um dos lados por um aquecedor de resistência elétrica conhecido. Com a outra face isolada, o calor liberado pela resistência será repassado para o material como um todo, a qual a condutividade térmica poderá ser determinada. (Montoro, 2022)

Desse modo, com a medição da temperatura das duas superfícies do material quando a transferência de calor é atingida e substituindo na Equação 1 para a taxa de transferência de calor por condução, obtemos a condutividade térmica. A Figura 2 demonstra um arranjo

experimental que busca obter a condutividade térmica do material a partir da introdução de uma fonte de calor.

$$k = \frac{L}{A(T_1 - T_2)} Q \quad (1)$$

Onde:

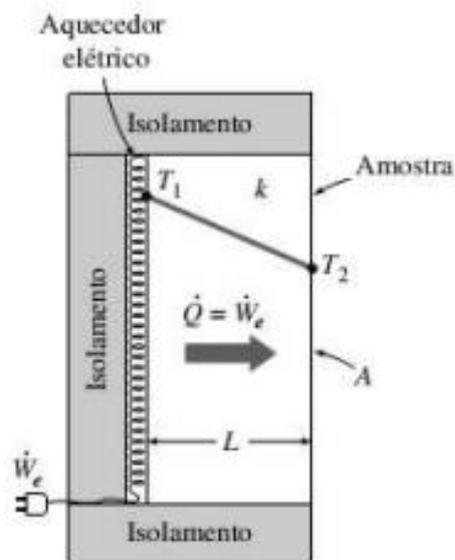
k = Condutividade térmica (W/m.K)

A = Espessura do material (m)

T = Temperatura (K)

Q = Calor (J)

Figura 2: Arranjo experimental simples para determinar a condutividade térmica de um material



Fonte: Montoro (2022)

De acordo com Oliveira (2009), os valores de condutividade térmica são delimitados pela microestrutura do agregado, de estruturas quartzosa, com poros interconectados conduzindo mais calor que agregados com estrutura vítrea com poros em distribuição discreta,

ou seja, em estruturas que possuem um maior número de vazios, os valores de condutividade térmica tendem a diminuir, pelo fato de não conseguir conduzir calor.

Além disso, a condutividade térmica é um coeficiente importante na medição do fluxo de calor (q) por condução em qualquer ponto de uma parede, sendo calculado pela aplicação da Lei de Fourier demonstrada na Equação 2.

$$q(x) = -\frac{kA}{\Delta x}(T_2 - T_1) \quad (2)$$

Onde,

k = Condutividade térmica

Δx = Espessura da parede

T = Temperatura

Essa expressão nos dá a quantidade de calor que passa por esse material, que poderá proporcionar ou não para o usuário um bom conforto térmico a depender dessa condição.

2.1.2. Conforto Térmico

O conforto térmico é um estado mental que expressa uma satisfação com o ambiente térmico que envolve o usuário (ASHRAE, 2003).

Desse modo, é fundamental na habitação, sendo uma área de grandes estudos no Brasil, principalmente nas habitações de interesse social. De acordo com Barbosa (2012), diversos grupos são responsáveis por esses estudos no território nacional, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina.

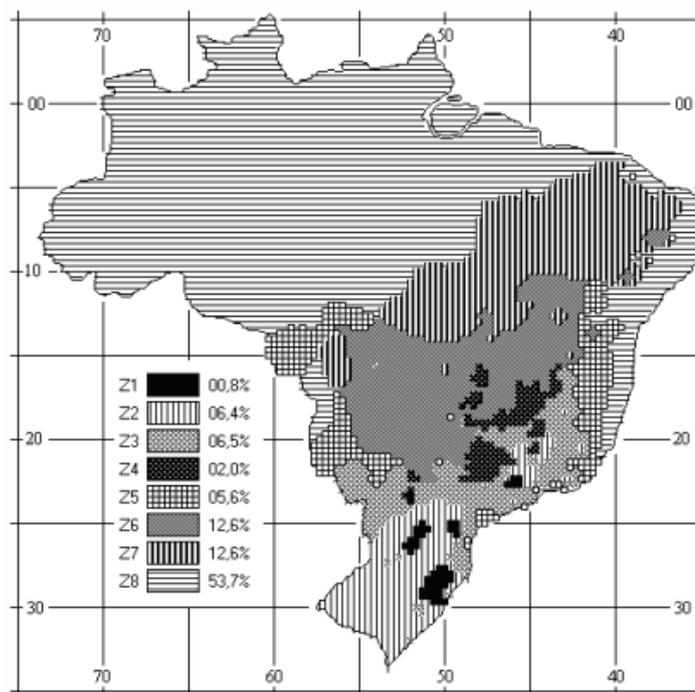
Ainda, para a avaliação do ambiente térmico é importante ter a existência de critérios e valores limites de referências para as medições, baseados nos índices e escalas de conforto térmico. De acordo com a NBR 15220 (2003), o conforto térmico está ligado à satisfação

psicofisiológica do indivíduo e às condições térmicas do ambiente. Esta norma busca trazer procedimentos para avaliar as habitações de interesse social, sendo uma dessas avaliações o seu desempenho térmico. Ela é dividida da seguinte forma:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificação;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico.

Sua metodologia adota o zoneamento bioclimático do Brasil, como mostra a Figura 3, propondo a divisão do país em oito zonas em relação ao clima, adaptando a Carta Bioclimática de Givoni (1992).

Figura 3: Zona bioclimática do Brasil



Fonte: NBR 15220-3 (2005)

Os parâmetros sugeridos pela NBR 15220 são mostrados na Tabela 1 e Figuras 4 e 5.

Tabela 1: Definição dos parâmetros conforme a NBR 15220

Parâmetro	Definição conforme a NBR 15220
Resistência térmica total	Somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa
Transmitância térmica (U)	Inverso da resistência térmica total
Capacidade térmica (CT)	Quantidade de calor necessária para várias em uma unidade a temperatura de um sistema
Atraso térmico (φ)	Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor
Absortância	Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície

Fonte: Adaptado NBR 15220 (2003)

Figura 4: Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a α é absortância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15575-4 (2013)

Figura 5: Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: NBR 15575-4 (2013)

A NBR 15575-4 não delimita valores para os outros parâmetros mostrados.

Com o aumento gradativo da temperatura média global, com o aquecimento global, as edificações, principalmente localizadas em clima quente, como no Brasil, necessitam da aplicação de materiais que possuem uma menor condutividade térmica, proporcionando menores densidades de fluxo de calor e um maior conforto térmico para o edifício, melhorando assim o bem estar da população local e a menor necessidade e consumo de energia com aparelhos refrigeradores de ar. Todos esses estudos para o conforto térmico buscam analisar as condições para conceber um ambiente térmico adequado para ocupação humana (Lamberts; Duarte, 2016).

A NBR 15220-3 (2003) e a 15575-4 (2013) sobre o desempenho térmico de edificações exige diversos parâmetros mostrado na Tabela 1 que fazem a edificação atender para o conforto térmico de seus usuários e, diante disso, vários materiais são usados para atender essa demanda. Por ser um material de qualidade e baixo custo, o gesso vem sendo usado de maneira vertiginosa para o revestimento interno, principalmente no Nordeste do país (De França; Batista; Póvoas, 2019).

Ainda, de acordo com Barbero *et al.* (2014) e Bianco *et al.* (2015) o gesso representa uma solução de baixo custo para ser utilizado como isolante térmico de ambientes, devido ao seu baixo valor de condutividade térmica como mostra a Figura 6.

Figura 6: Condutividade térmica do gesso

Material	Condutividade térmica (W/m.K)
Gesso celular	0,50
Gesso (placa)	0,35
Gesso paramentado c/ cartão antichama	0,35
Gesso com fibras minerais	0,35
Gesso projetado	0,50
Gesso com vermiculite 1:1	0,30
Gesso com vermiculite 1:2	0,25
Argamassa de gesso	0,53
Argamassa de cal e gesso	0,70
Reboco de gesso e areia	0,22

Fonte: Incropera (2003)

Ao comparar os valores apresentados nas Figuras 6 e 7 para a condutividade térmica do gesso e do cimento, percebe-se que o gesso possui valores menores que o de cimento, obtendo

uma maior capacidade de proporcionar um conforto térmico no ambiente. Vale destacar que o cimento é um material muito utilizado na construção civil.

Figura 7: Condutividade térmica do cimento

Grupo	Material	Massa específica (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/mK)	
			Seco	Molhado
Emplastros	Cimento	1900	0.9	1.5
	Cal	1600	0.7	0.8
	Gipsita	1300	0.5	0.8

Fonte: Protolab (2015)

2.2. Produção do Gesso

A gipsita é quimicamente distribuída em 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O) (Lyra Sobrinho *et al.*, 2001). Comumente utilizada para produção de gesso na construção civil, a gipsita é associada a anidrita, um sulfato de cálcio anidro ($CaSO_4$), além de poucas quantidades subordinadas de calcita, dolomita, halita, enxofre, quartzo e argila. Esse mineral associado é pouco resistente ao calor, desidratando-se parcialmente, em temperaturas em torno de 160°C, que origina um semi-hidrato, que é o gesso ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2} H_2O$) (Lyra Sobrinho *et al.*, 2001).

A produção do gesso para construção civil se dá a partir da extração do minério a céu aberto, posteriormente é feita a britagem e moagem grossa do material para ser feita a estocagem. Segundo John e Cincotto (2007) o material necessita ser secado, devido ao fato de a umidade poder chegar a 10% e assim, posteriormente, finalizar o processo com a calcinação, moagem fina e ensilagem. A Figura 8 mostra de forma resumida o ciclo não contínuo da origem e utilização do gesso.

Figura 8: Ciclo não contínuo da origem e utilização do gesso



Fonte: Adaptado da Associação Brasileiro de DryWall (2012)

A etapa de calcinação da gipso é definido por John e Cincotto (2007) como o processo industrial que pode consistir de um único aquecimento, o qual o produto é o hemidrato puro ou também gipsita ou anidrita, ou de dois fornos que produzem hemidrato e anidrita, em separado, e misturados em diferentes proporções para se produzir produtos com as propriedades desejadas.

Ademais, a etapa de ensilagem é a etapa de armazenamento do gesso, já separado de acordo com a granulometria desejada. Sua estocagem em silos auxilia na homogeneização do material, mantendo o gesso estável durante seu processo de fabricação e melhorando a qualidade de seu produto final. Por fim, o gesso é ensacado longe de local úmido.

Além disso, as propriedades do gesso podem ser alteradas, em sua utilização, a depender da proporção de sulfato e o teor de impurezas na sua composição, entretanto, esse material no Brasil apresenta um alto grau de pureza, não ultrapassando 30%, sendo um material de boa qualidade extraído no território brasileiro. (Nolhier, 1985 apud John; Cincotto, 2007).

De acordo com John e Cincotto (2007), as rochas sedimentares de que são extraídas a gipsita, possuem uma característica de rápida alteração quando entram em contato com agentes agressivos, como a chuva, principalmente devido sua alta solubilidade, desse fato, existem

diferentes procedimentos sobre a utilização de gesso em ambientes internos ou externos e utilização de aditivos hidrofóbicos para ambientes molhados, como banheiros, varandas e áreas de serviço dos apartamentos.

2.3. Compósitos

Compósito é um material resultante da combinação de dois ou mais materiais, de composição e forma diferentes de cada constituinte mantendo intacta a sua identidade, não havendo, portanto, nem dissolução nem fusão entre os vários constituintes. O principal objetivo para a produção de compósitos é combinar diferentes materiais com diferentes propriedades para produzir um único produto, que por sua vez, irá possuir propriedades superiores dos componentes unitários (Macedo *et al*, 2011).

A combinação de características diferentes busca obter um composto com propriedades físicas, químicas, térmicas ou mecânicas de forma superior a qualquer um dos seus constituintes. Tais características pode-se dizer: leveza, ductilidade, resistência ao choque e isolantes térmicos.

O uso de novos materiais, principalmente de resíduos, para a criação de compósitos cria novas alternativas de uso de insumos para construção civil, com produtos com melhores desempenhos, comparado aos usuais nos dias atuais e com maior sustentabilidade ambiental devido ao reaproveitamento desses materiais.

A Figura 9 apresenta alguns compostos utilizados à base de gesso para produção de novos compósitos.

Figura 9: Materiais usados nos estudos de compósitos à base de gesso

Materiais fibrosos	<ul style="list-style-type: none"> • vidro • sisal • celulose • algodão
Materiais particulados	<ul style="list-style-type: none"> • madeira • cortiça • vermiculita • resíduos industriais

Fonte: Oliveira (2010)

2.3.1. A construção civil e a sustentabilidade

Boa parte dos materiais utilizados na composição dos novos compósitos à base de gesso são provenientes dos resíduos da construção civil. O setor da construção civil é responsável por boa parte dos impactos ambientais atribuídos às atividades humanas. De acordo com Sattler (2007), essa indústria consome cerca de 50% dos recursos retirados da crosta terrestre.

Desse modo, uma crescente preocupação vem sendo apresentada com a sustentabilidade, em que a utilização desses recursos e os níveis de aquecimento global necessitam de materiais que sejam menos agressivos ao meio ambiente.

Os materiais convencionais, utilizados no Brasil, muito utilizados pela construção civil não consideram os impactos ambientais que eles trazem. Assim, a adoção de critérios em melhores projetos de edificações é importante na melhor qualidade desses empreendimentos e evite o uso de recursos naturais do setor (Assis *et al*, 2007).

A grande diversificação de materiais da construção não convencionais possibilita a utilização como reforço em diferentes matrizes para atingir um objetivo, como melhora na propriedade mecânica ou térmica, sendo ecologicamente correto e diminuem os resíduos sólidos das atividades das obras (Barbosa, 2015).

2.4. O Gesso na Construção Civil e sua Aplicação

O gesso é um material utilizado em diversos tipos de trabalho. A NBR 13207 define o gesso como “material moído na forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores do tempo de pega”. Além disso, diversos aditivos podem ser utilizados no gesso, alterando suas propriedades e características finais, resultando em uma maior complexidade aos seus processos de reciclagem.

Novos materiais e técnicas construtivas são incorporadas na indústria da construção civil a fim de obter maiores produtividades com baixo custo e baixo impacto ambiental. Dentre os ligantes inorgânicos utilizados encontra-se o gesso, que começou a ser utilizado amplamente na Europa antes de ganhar força no mercado brasileiro. No contexto nacional, o gesso é bastante utilizado de acordo com John e Cincotto (2007) para revestimento de alvenaria, componentes como blocos, painéis para forro e divisórias. É fato que a principal forma de revestimento interno no Brasil é feita com cimento e cal, entretanto o gesso aplicado na sua forma de pasta vem sendo usado ainda que em menor escala nas edificações brasileiras para reboco interno por suas vantagens.

Por ser um material de rápido endurecimento, o gesso é uma alternativa que auxilia na velocidade de execução, elevando a produtividade dos serviços, como o do revestimento, em que, além do mais, ele se torna atraente por ser necessário uma pequena espessura de reboco (Antunes, 1999).

Do mesmo modo, comparado a cal e o clínquer Portland, o gesso possui uma baixa temperatura de processamento, não ultrapassando os 350°C, gerando economia de combustível e preservando o meio ambiente (John; Cincotto, 2007).

Suas características de endurecimento rápido e ausência de retração por secagem, auxiliou o gesso a ser uma alternativa de uso na execução dos serviços em uma edificação, que em alguns casos, se mostrou mais econômica, quando comparado a outros processos construtivos. De acordo com a Associação Brasileira do DryWall (2012), frente a sua versatilidade, o gesso se intensificou no mercado nacional a partir do início do seu uso também para utilização de vedações internas a partir do gesso acartonado nos anos de 1990, mostrando a importância que

esse material tomou na construção civil e as possibilidades de uso que ele possibilita além do revestimento.

De fato, o uso gesso aumenta na produtividade dos seus serviços, entretanto devido as características do próprio material seu uso pode ser limitado. Ele apresenta um elevado grau de solubilidade que restringe sua aplicação nos ambientes secos e internos, e, em ambientes com umidade excessiva pode ocasionar o surgimento de bolor (Antunes, 1999). Entretanto, para superar essas limitações, aditivos podem ser utilizados na sua mistura, que fazem com que as características finais do gesso se modifiquem e se adequam ao ambiente em que ele é inserido, sendo seco ou úmido.

2.4.1. Aplicação do Gesso em Pasta

Uma das formas de aplicação do revestimento em gesso é na sua forma de pasta, que quando misturado com água começa a endurecer formando uma malha imbricada de finos cristais de sulfato hidratado. Com o pega, esse material começa a ganhar resistência, tal qual outros aglomerantes, como a massa única e concreto, podendo durar semanas (Yázigi, 2021). A velocidade de pega da massa do gesso ocorre dependendo de 5 variáveis:

- Finura;
- Presença de impurezas ou aditivos;
- Quantidade de água de amassamento;
- Tempo de calcinação;
- Temperatura

De acordo com Yázigi (2021), gessos que possuem elevada finura propiciam uma pega mais rápido, atingindo maiores resistências, devido ao aumento da superfície específica para hidratação. Já a quantidade de água de amassamento necessita estar na sua proporção ideal, pois em excesso ou insuficiência traz uma influência negativa sobre o pega e o endurecimento. Dessa forma, é imprescindível uma boa proporção e mistura dos materiais por parte do gesseiro para produzir uma pasta de gesso com boa resistência e endurecimento para o reboco.

Após seu endurecimento, a pasta de gesso atinge resistência à tração de 7 kg/cm² e 35 kg/cm² e à compressão entre 50 kg/cm² e 150 kg/cm² (Yázigi, 2021). Além disso, o revestimento dispensa o uso de chapisco na sua aplicação em tijolos, por aderir muito bem a esse material.

Por fim, a pasta de gesso pode ser aplicada na edificação sob duas formas, pelo revestimento desempenado e pelo revestimento sarrafeado. Desse modo, Yázigi (2021, p. 627) explica de maneira clara como deve ser feito a execução do serviço de revestimento da pasta de gesso desempenado e a Figura 10 explicita uma execução de um profissional.

A preparação da pasta deve ser feita da seguinte maneira: para cada saco de 40 kg de gesso, adicionar 36 L a 40 L de água. Têm de ser usados recipientes e água limpos. Polvilhar o gesso em pó sobre a água, distribuindo-o em toda a extensão. Depois do período de *embebição* (cerca de 15 minutos), a pasta estará pronta para a homogeneização. O tempo de pega é de 30 a 35 minutos. Nunca remisturar a pasta. [...] A pasta de gesso é colocada sobre a desempenadeira de PVC com ajuda da colher de pedreiro. É necessário pressionar e deslizar a desempenadeira sobre a superfície, para que ocorra a aderência inicial da pasta, em faixas determinadas pela largura da desempenadeira. O deslizamento deve ser realizado de baixo para cima nas paredes [...].

Para regularizar a espessura da camada, é preciso mudar a direção da desempenadeira, girando-a até 90°, enquanto é feita a aplicação da pasta. Cada faixa tem de ser iniciada com uma pequena superposição sobre a faixa anterior, sendo que a espessura da camada precisa estar entre 1 a 3 mm. Deve-se aplicar a pasta em até quatro camadas. Em seguida ao endurecimento do revestimento, aplicar, com colher de pedreiro e desempenadeira de aço, a pasta (que já está em início de pega no caixote) nos vazios e imperfeições da superfície, a fim de eliminar ondulações e rebarbas. Realizar o acabamento da superfície com a aplicação de uma camada de 1 a 10 mm de espessura de pasta fluida, utilizando desempenadeira de aço e aplicando certa pressão. Se previstas, colocar cantoneiras de alumínio nos cantos vivos das paredes (para a proteção contra choques acidentais) e, em seguida, executar o revestimento como descrito. Limpar a área de trabalho. Aguardar de uma a duas semanas a secagem do revestimento para iniciar os serviços de pintura.

Figura 10: Execução de serviço de pasta de gesso desempenado



Fonte: Autor (2023)

Ainda, Yázigi (2021, p. 627) também explica a execução do revestimento da pasta de gesso sarrafeado e Figura 11 detalha um profissional executa esse serviço.

O revestimento sarrafeado resulta em planeza da superfície muito mais rigorosa do que o revestimento desempenado. O procedimento de execução de ambos é semelhante, com a diferença de que no primeiro caso é necessário executar inicialmente faixas mestras de argamassa industrializada entre as taliscas. Deve-se aplicar posteriormente pasta de gesso entre as mestras. Depois de concluído o espalhamento dela e antes de a pega estar muito avançada, é necessário fazer o sarrafeamento com régua de alumínio, cortando os excessos de pasta. Em seguida ao endurecimento do revestimento, aplicar a pasta nos vazios e imperfeições na superfície, a fim de eliminar ondulações e rebarbas. Realizar o acabamento da superfície com a aplicação da uma cada de 1 a 10 mm de espessura de pasta fluida, tudo como descrito no item acima.

Figura 11: Execução de serviço de pasta de gesso sarrafeado



Fonte: Autor (2023)

A mão de obra para esse serviço deve ser especializada e de crucial importância, pois é um serviço de revestimento responsável por receber o acabamento de pintura e revestimento cerâmico, em que, ocasionando erros de execução poderá mostrar falhas como desalinhamento, ondulações e diferença de prumo, sendo mostrado principalmente na etapa de assentamento da cerâmica das paredes nas áreas molhadas. Dias e Cincotto (1995, p. 7) afirma que na aplicação da pasta de gesso existem três tempos de produção.

Tempo de preparo: é o tempo consumido na produção da pasta. Neste tempo são computados os intervalos de limpeza da caixa de mistura, de polvilhamento do gesso sobre a água e da espera necessária para que a pasta atinja a trabalhabilidade requerida para a aplicação;

Tempo útil de trabalho: é o tempo disponível para a aplicação da pasta sobre a base. Durante este intervalo, o operário manuseia a pasta na trabalhabilidade requerida;

Tempo de acabamento: neste intervalo, o restante da pasta contido na caixa de mistura já se encontra sem trabalhabilidade, mas não completamente endurecida, e, o operário pode ainda dispor de um breve intervalo de tempo, para efetuar o acabamento superficial.

3. METODOLOGIA

Foram buscados artigos, apenas pelo autor, na plataforma de dados *Scopus*, com livre acesso pelo e-mail institucional e por reunir uma boa e grande base de dados, no período de setembro de 2023 a novembro de 2023. Com a seguinte pergunta científica “como a condutividade térmica é alterada com a adição de novos compostos no gesso?” foi feita a utilização das seguintes palavras-chaves, para sua resposta de acordo com a Tabela 2.

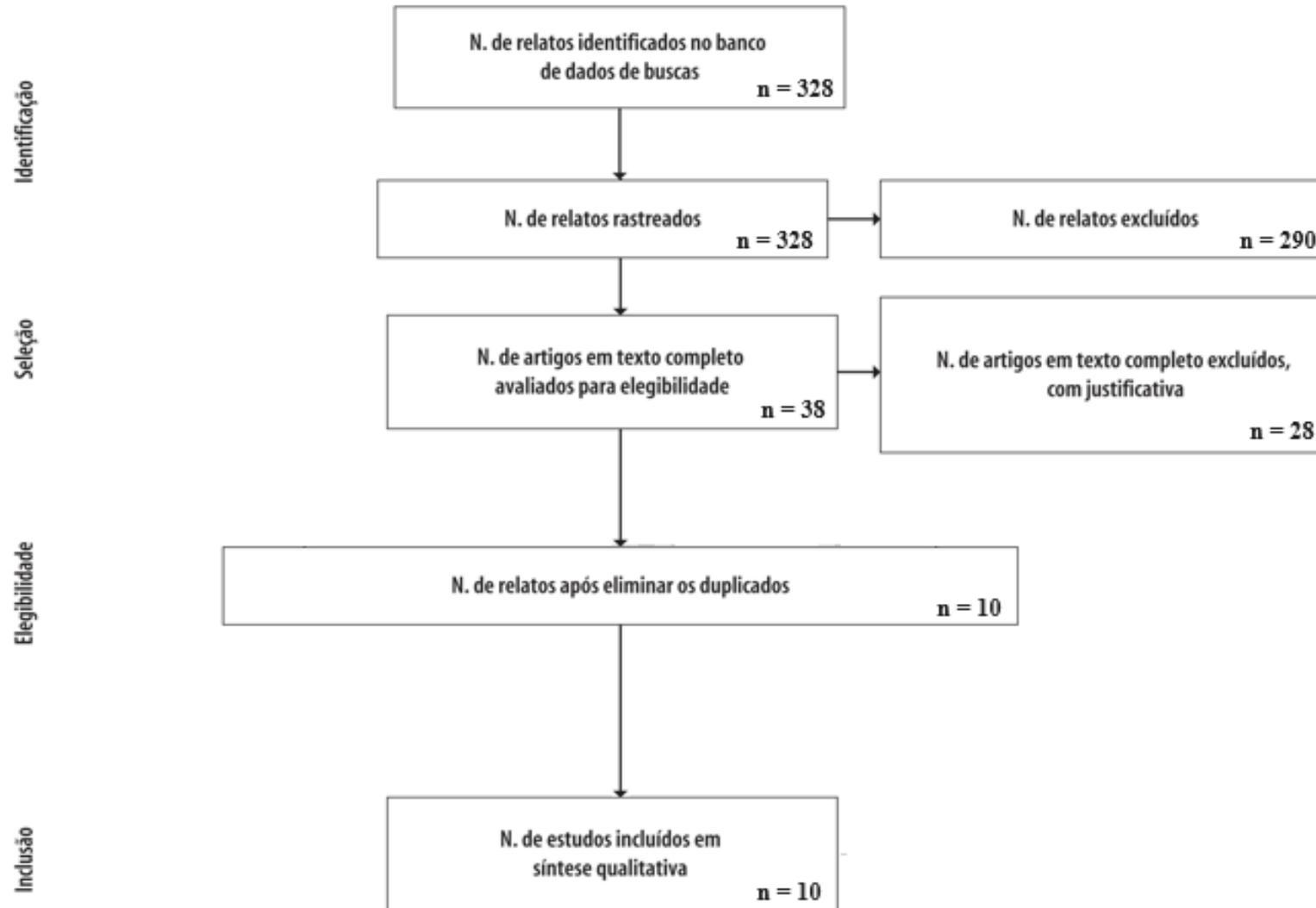
Tabela 2: Combinações de palavras-chaves utilizadas

Combinação 1	<i>plastering or gypsum and thermal properties</i>
Combinação 2	<i>plaster mortar or gypsum mortar and thermal properties</i>

Fonte: Autor (2023)

Foram utilizadas palavras chaves em inglês pelo fato de que, como afirma Brizola; Fantin (2016), os trabalhos com resultados positivos são publicados com mais rapidez nos mais diferentes periódicos, possuindo um alto número de acessos, desse modo, são mais citados e com versão na língua inglesa, tendo assim, uma maior chance de serem incluídos nas buscas das revisões sistemáticas nessa língua.

Após o download dos artigos encontrados foram removidas suas duplicatas e com isso, a aplicação da metodologia *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* para estabelecer critérios de inclusão e exclusão dos artigos para sua filtragem, obtendo dados quantitativos dessa amostra. A Figura 12 mostra o fluxograma utilizado para essa metodologia.

Figura 12: Fluxograma da metodologia *PRISMA*

Fonte: Adaptado Epidemiol. Serv. Saúde (2015)

Os seguintes filtros utilizados para inclusão e exclusão dos artigos são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Filtros utilizados para inclusão e exclusão dos artigos

Filtro 1	artigos de 2018 a 2023
Filtro 2	artigos na língua inglesa ou portuguesa
Filtro 3	artigos na área de engenharia
Filtro 4	artigos com acesso aberto na base de dados
Filtro 5	descarta os artigos que não apresentam propriedade ou desempenho térmico do gesso ou do gesso com novos materiais
Filtro 6	descarta os artigos que não apresentam o gesso em sua forma de pasta ou argamassa

Fonte: Autor (2023)

Com o número final de artigos obtidos para a síntese qualitativa, foi realizada a leitura dos artigos utilizados na revisão e apresentados tabelas para os resultados desses artigos, a fim de obter uma análise qualitativa dos artigos selecionados após a utilização da metodologia *PRISMA*.

Para a discussão dos resultados dos artigos, eles foram organizados e relacionados em sete grupos de análise, como:

- Autores e ano de publicação;
- Aditivos utilizados;
- Metodologia utilizada;
- Corpos de prova utilizados;
- Em como a condutividade térmica alterou;
- Consequência da alteração da condutividade térmica;
- Justificativa da alteração da condutividade térmica.

Por fim, foi feita uma análise bibliométrica simplificada das amostras encontradas na revisão sistemática. Os seguintes dados buscados para essa análise foram:

- Jornais científicos em que os artigos foram publicados;
- Fator de Impacto (JCR) dos jornais;

- CiteScore dos jornais;
- Qualis dos jornais;
- Número de citações dos artigos em outros trabalhos acadêmicos na base de dados *Scopus*.

A busca dos jornais científicos, o número de citações dos artigos e o CiteScore dos jornais foi feita pela base de dados *Scopus*, onde já estava sendo buscado os artigos para revisão sistemática.

O fator de impacto (JCR) foi buscado através da plataforma de dados *Journal Citation Reports*, onde foi inserido o ISSN de cada jornal, com esse ISSN disponível na página do jornal em que o artigo foi publicado no *Scopus*.

O Qualis dos jornais científicos encontra-se disponível na plataforma *Sucupira*, em que também é encontrado seu valor a partir da pesquisa utilizando o ISSN da revista científica.

Então, tabelas foram criadas para organização e discussão desses dados para averiguar a qualidade dos artigos estudados nesse tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Avaliação dos Artigos

Foi realizada a leitura da introdução, metodologia, resultados, discussões e conclusão dos artigos encontrados na revisão sistemática, para que, desse modo, seja feita a aplicação dos Filtros 5 e 6 da metodologia utilizada.

Com isso, após os filtros, os artigos se encaixavam na correlação desses dados, sendo inseridos para a elaboração da revisão, com um total de 10 estudos. A Tabela 4 mostra os artigos encontrados e estudados.

Tabela 4: Artigos encontrado a partir da base de dados *SCOPUS*

Artigos	Autores
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Wadee A. <i>et al.</i> (2023)
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Romero-Gomez M.I. <i>et al.</i> (2022)
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Pedreno-Rojas M.A. <i>et al.</i> (2019)
Properties of gypsum composites with shavings	Regulska K.; Repelewicz A. (2019)
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Regulska K.; Repelewicz A. (2019)
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Fatma N. <i>et al.</i> (2019)
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Bouzit S. <i>et al.</i> (2019)
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	Porras-Amores C. <i>et al.</i> (2018)
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Zhang B. <i>et al.</i> (2020)

The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.

Amarrayb K. *et al* (2018)

Fonte: Autor (2023)

4.2. Revisão Sistemática da Literatura

4.2.1. Resultados dos Artigos

Com os artigos acessados, foram extraídos seus resultados e divididos em forma de tabelas, a fim de expressar quais os objetivos de cada artigo, o seu método utilizado, os compósitos originados e as quantidades de amostras feitas.

Os artigos utilizaram diversos tipos de aditivos na incorporação do gesso, a Tabela 5 detalha de modo específico quais materiais foram esses, que deram origem ao novo compósito.

Tabela 5: Aditivos utilizados no gesso para cada artigo estudado

Artigos	Aditivo ao gesso
Novel gypsum-based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	PCM - Materiais de mudança de fase (Grafite e diatomita)
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Resíduo de fibra de acetato de celulose (filtro de cigarro)
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Resíduo de madeiras e plástico
Properties of gypsum composites with shavings	Aparas de madeira
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Palha de trigo
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Fibra da palmeira doum

Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Gesso marroquino (pó e rocha) - Agadir e Safi (regiões)
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	EPS, XPS, pó de vidro e fibra de lã de vidro
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Parafina e diatomita (PCM) e fibra de carbono
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	Grânulos de argila expandida

Fonte: Autor (2023)

Com isso, os trabalhos buscavam analisar e discutir como a adição desses novos compósitos no gesso influenciava nas propriedades do novo material, em suas propriedades térmicas, onde, era analisado a partir da condutividade térmica. A Tabela 6 mostra os objetivos tragos por cada artigo.

Tabela 6: Objetivos dos artigos

Artigos	Objetivos
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Medir a condutividade térmica das amostras de gesso com incorporação de grânulos carregados de grafite e diatomita (PCM)
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Analisar a influência dos resíduos de fibras de acetato de celulose proveniente de filtros de cigarros no gesso pela condutividade térmica
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Desenvolver um novo material a base de gesso, com adição de madeira e de plásticos, oriundo de PC de

CDs e DVDs e verificar sua condutividade térmica

Properties of gypsum composites with shavings	Desenvolver o estudo da condutividade térmica na adição de aparas ao gesso
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Adicionar palha de trigo ao gesso, criando um novo compósito e analisar sua influência na condutividade térmica
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Discutir os possíveis benefícios na condutividade térmica da argamassa de gesso com adição das fibras da palmeira doum
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Analisar duas amostras de gesso de diferentes regiões do sudoeste de Marrocos, comparando sua condutividade térmica
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	Obter dados da condutividade térmica de novos materiais, com a incorporação de EPS, XPS, pó de vidro e lã de vidro no gesso
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Verificar a condutividade térmica do novo compósito, a partir da adição de parafina, diatomita e fibra de carbono no gesso
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	Estudar a condutividade térmica sobre o efeito dos grânulos de argila expandida em materiais à base de gesso

Fonte: Autor (2023)

Além disso, algumas metodologias diferentes foram utilizadas por cada estudo, demonstrada que não existe ainda, uma padronização na forma da obtenção da condutividade

térmica nos materiais. A Tabela 7 mostra a metodologia utilizada por cada artigo para medição da condutividade térmica.

Tabela 7: Metodologias utilizadas por cada artigo

Artigos	Metodologia
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Analizador térmico Hot Disk TPS 500
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Norma ASTM D5930-17 - Equipamento ISOMET 2114
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Aparelho Casa térmica
Properties of gypsum composites with shavings	Unidade compacta para medição do coeficiente lambda (lambda meter)
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Unidade compacta para medição do coeficiente lambda (lambda meter)
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Hot Disk TPS 2500 S
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Aparelho analisador de constantes térmicas de disco quente
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	Modified Transient Plane Source (MTPS) - Analisador Modelo C-Therm Tci
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Método fio quente - Medidor XIAT ECH TC3000 China
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	Método da placa quente transitória

Fonte: Autor (2023)

Outrossim, a Tabela 8 traz os dados relacionados a quantidade e os corpos de prova utilizados por cada estudo para a análise da condutividade térmica no material.

Tabela 8: Corpos de prova e sua quantidade por artigo

Artigos	Corpos de prova	Quantidade
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Prisma 40 x 40 x 80 mm	Não especificado
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Cilíndrico Ø90 x 20 mm	3
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Prisma 300 x 300 x 15 mm	9
Properties of gypsum composites with shavings	Disco Ø10 x 2 cm	7
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Disco Ø10 x 2 cm	8
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Prisma 40 x 20 x 10 mm	Não especificado
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Prisma 59 x 30 x 8 mm e Pó 300 g	Não especificado
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	Prisma 40 x 40 x 160 mm	6
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Prisma 30 x 40 mm	3
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	Prisma 100 x 100 x 0,1 mm	4

Por fim, com o que foi buscado pelos artigos, é possível reunir em como a condutividade térmica desses novos materiais alterou em relação as amostras puras de referência estudadas.

Desse modo, a Tabela 9 detalha em porcentagem a variação do valor da condutividade térmica desses compósitos.

Tabela 9: Resultados da variação da condutividade térmica por artigo/aditivo

Artigos		Condutividade térmica	
Novel gypsum-based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting		Aumentou	até 28,6%
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres		Diminuiu	até 16%
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Resíduo de madeira	Diminuiu	até 40,3%
	Resíduo de plástico	Diminuiu	até 28%
Properties of gypsum composites with shavings		Diminuiu	até 36,3%
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers		Diminuiu	até 45,4%
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar		Diminuiu	até 39,28%
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications		Pó da região de Safi menor	29,30%
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	EPS e XPS	Diminuiu	até 56%
	Resíduo de vidro	Aumentou	até 8%
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Parafina e diatomita (PCM)	Diminuiu	até 31,4%
	Fibra de carbono	Aumentou	até 17%

	Conjunto	Diminuiu	até 17%
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.		Aumentou	até 41%

Fonte: Autor (2023)

3.2.1. Resultados da Análise Bibliométrica Simplificada

De outra forma, foi realizado, no presente trabalho, uma análise bibliométrica simplificada dos artigos estudados, organizando dados quantitativos para medir a performance acadêmica desses estudos (Wolfram, 2017) e dos jornais científicos ao quais eles foram publicados. A Tabela 10 mostra em quais jornais os artigos foram publicados, a Tabela 11 detalha a qualidade desses jornais com o índice de fator de impacto (JCR), o índice de citações (CiteScore) e o índice de qualidade das produções científicas (Qualis). Ainda, a Tabela 12 mostra o número de vezes que esses artigos científicos foram citados em outros materiais acadêmicos na base de dados *Scopus*.

Tabela 10: Jornais científicos o quais os artigos foram publicados

Artigos	Jornal
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Construction and Building Materials
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
Properties of gypsum composites with shavings	

Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Journal of Composite Materials
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	Dyna
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Applied Sciences

Fonte: Autor (2023)

Tabela 11: Índices dos jornais científicos

Jornal	Fator de Impacto (JCR)	CiteScore	Qualis
Construction and Building Materials	7,4	12,4	A2
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	-	1,1	B3
Journal of Composite Materials	2,9	5,7	A4
Dyna	-	1	C
Applied Sciences	2,7	4,5	A4

Fonte: Autor (2023)

Tabela 12: Número de citações de cada artigo na base de dados *Scopus*

Artigos	Número de citações
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	1

Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	7
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	2
Properties of gypsum composites with shavings	1
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	3
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	22
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	30
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	7
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	8
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.	1

Fonte: Autor (2023)

4.2.2. Discussões dos Artigos

Os artigos encontrados na revisão sistemática propõem a criação de novos materiais na adição da argamassa de gesso. Isto é pelo fato de que, como o gesso é um material de baixo custo, altamente utilizado na construção civil há séculos, conhecido suas propriedades e de fácil acesso no Brasil, essa matéria-prima já é indicada para ser fornecido como base para novos compósitos.

Além disso, a demanda atual por novos produtos com maior eficiência energética, devido ao aumento das ondas de calor e criação de novos programas para diminuir o nível de energia consumida pelo planeta nos próximos anos, já que, conforme Benite (2011), o setor da construção é responsável por praticamente um terço de toda emissão mundial de CO_2 em relação a energia, também levam a essa necessidade de criação de novos materiais nessa indústria.

Desse modo, esses artigos buscaram, de maneira unânime, avaliar, dentre outros aspectos, as propriedades térmicas desses novos materiais, a partir de sua condutividade térmica, que com isso é capaz de definir o nível máximo de transmitância térmica, que é exigida pela NBR 15575-4 (2013) para o conforto térmico do ambiente. Na Tabela 5 podemos ver um resumo sobre qual aditivo ao gesso cada artigo se propôs a estudar.

Com isso, é capaz de ser concluído que os artigos utilizaram materiais descartados, que são transformados em resíduos, com fácil acesso ao meio que estão inseridos, principalmente nas regiões mais rurais e de mudança de fase. O Gráfico 1 detalha esses termos em porcentagem.

Gráfico 1: Tipos de aditivos utilizados nos estudos dos artigos



Fonte: Autor (2023)

Ademais, pode-se dividir as metodologias utilizadas pelo método do Disco Quente, do Fio Quente, Casa Térmica e Aparelho de Sonda.

- O método do Disco Quente é feito através do fluxo de calor, com variação de temperatura das faces da amostra, que com a partir dessa variação é medido o valor da condutividade térmica no material a partir de um sensor inserido na máquina (Fatma *et al*, 2019).
- O método do Fio Quente é direto, absoluto e não estacionário, sendo utilizado a uma temperatura fixa, com um gradiente de temperatura muito baixo, passando-

se uma corrente elétrica constante através do fio inserido na amostra, podendo ser medida assim a condutividade térmica (Santos *et al*, 2004).

- A Casa Térmica é um método não padronizado em que o material é submetido a um regime de calor estacionário, com medição de temperatura nos dois lados da amostra. A determinação da condutividade térmica é feita a partir da comparação da temperatura obtida com outro material com esses dados já conhecidos (Pedreno-Rojas *et al.*, 2019).
- O Aparelho de Sonda, de acordo com a Norma ASTM D5930-17, possui uma sonda de fonte de linha dentro da amostra, em um ambiente com temperatura constante, com sonda produzindo uma quantidade de calor. Esse calor gera um transiente de temperatura, registrado pelo computador, que com isso consegue detectar a condutividade térmica do material.

Como visto, várias metodologias foram utilizadas para a análise da condutividade térmica desses materiais, o que pode não colaborar para um resultado que possa ser utilizado de maneira padrão, devido aos diferentes níveis de eficácia de cada método usado. A Tabela 11 resume as metodologias utilizadas por cada artigo.

Podemos compreender esse fato pela análise realizado por Porras-Amores C. *et al.* (2018), mostrado na Tabela 13, onde ele analisou a condutividade térmica das amostras de gesso (com corpos de prova e proporção de água/gesso semelhantes) de referência do seu e de outros estudos, destacando como a metodologia pode influenciar na medição da condutividade desses materiais.

Tabela 13: Resultados de condutividade térmica obtidos em investigações anteriores de gesso

Referência	Água/gesso	Densidade (g/cm ³)	Coefficiente de condutividade térmica (W/mK)	Método de medição
Este trabalho	0,8	1,08	0,33	Fonte de plano transitório modificado
Este trabalho	0,8	1	0,35	Fonte de plano transitório modificado
González et al (2012)	0,8	1,48	0,31	Placa quente protegida (UNE 12670)
Piñero (2016)	0,75	1,02	0,35	Fonte de linha transitória

Conde; Rodriguez-Liñán e Pedreño-Rojas (2016)	0,8	1,3	0,25	Testador de condutividade térmica (caixa)
González et al (2015)	0,8	0,98	0,14	Testador de condutividade térmica (caixa)

Fonte: Porras-Amores C. *et al.* (2018)

Ainda, os artigos não mencionam a confiabilidade da metodologia usada, o que pode causar a medição de valores diferentes dos teóricos, como o dado por Incropera (2003), em que a condutividade térmica do gesso é de 0,53 W/m.K.

Outrossim, o principal coeficiente de análise desses artigos é a condutividade térmica dos novos produtos. É importante ressaltar que cada aditivo age de maneira diferente em contato com o gesso, mas não foi objetivo desses trabalhos em desenvolver como isso ocorre e sim, em desenvolver sobre suas características térmicas, além de outras características, desses compósitos. Portanto, os dados adquiridos são quantitativos e servem para comparar com suas amostras de referência, para entender seu comportamento térmico e se terão um novo material com melhor eficiência energética. O Gráfico 2 mostra em termos de porcentagem os artigos que apresentaram melhor comportamento térmico para os novos produtos e a Tabela 9 demonstra em até quanto esses aditivos variaram a condutividade térmica desses compostos com base nas amostras puras de referência.

Gráfico 2: Como os artigos resultaram na alteração da condutividade térmica



Fonte: Autor (2023)

Concomitantemente, todos os artigos estudados trazem aspectos que buscam justificar o motivo pelo qual a condutividade térmica desses novos materiais aumentou ou diminuiu. De uma forma geral, o principal fator identificado por cada um foi uma característica única de cada material, sua densidade, e a porosidade, conseqüentemente, desse novo compósito.

Nassari *et al* (2017) afirma que a baixa condutividade térmica em elementos mais porosos se dá pela concentração de ar no material, diminuindo a transferência de calor por condução, melhorando o isolamento térmico proporcionado pelo compósito, já que existe a maior dificuldade de o calor ser transferido com os novos espaços vazios gerados pela mistura dos materiais entre as faces internas e externas deles.

Bezerra (2003) e Zhong *et al* (2015) também concordam em que os materiais isolantes possuem densidade baixa, em que a porosidade está inversamente proporcional a condutividade térmica e diretamente proporcional a resistência térmica, tendo uma melhor capacidade de impedir a transferência de calor.

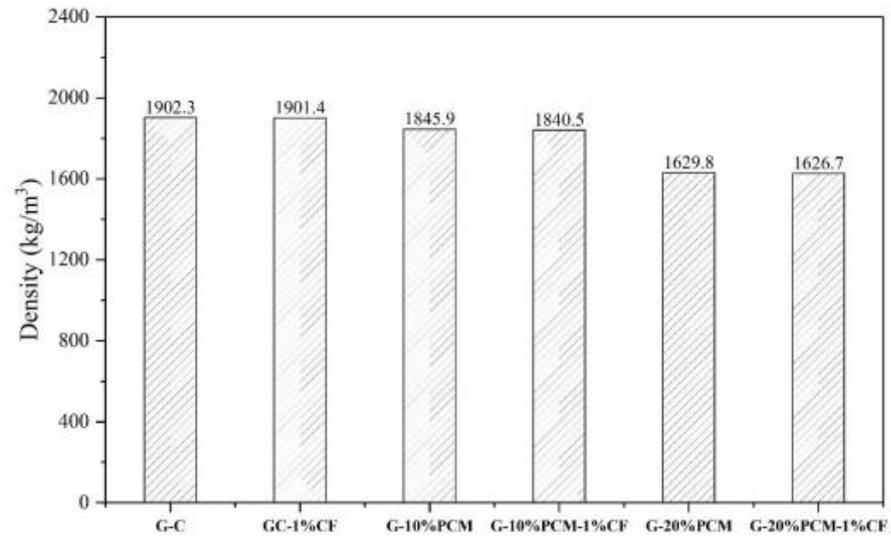
Ainda, Sun *et al* (2017) relaciona a alteração da condutividade em como os materiais estão distribuídos no seu interior, em fração de volume e quantidade.

Diante disso, foi observado que existe uma tendência de diminuição da condutividade térmica com a diminuição da densidade desses materiais em comparação com as amostras de referência, com gesso puro. Essa diminuição de densidade se dá, pelo o que foi obtido na análise e resultado dos artigos, pelo aumento da porosidade desses materiais, obtendo “falhas” que dificultam a passagem da energia térmica e originando coeficientes de condutividade térmica mais baixos.

Em seguida, corroborando esse fato, os materiais que obtiveram maiores condutividades térmicas resultaram em produtos com densidades maiores que a referência e menos poros, visto por microscópio.

Como exemplo, podemos utilizar o estudo de Zhang B. *et al.* (2020), onde no Gráfico 3 vemos a alteração da densidade dos compósitos com fibra de carbono, diatomita e parafina e diatomita, parafina e fibra de carbono, o que irá resultar em materiais com diferentes estruturas químicas e diferentes condutividades térmicas.

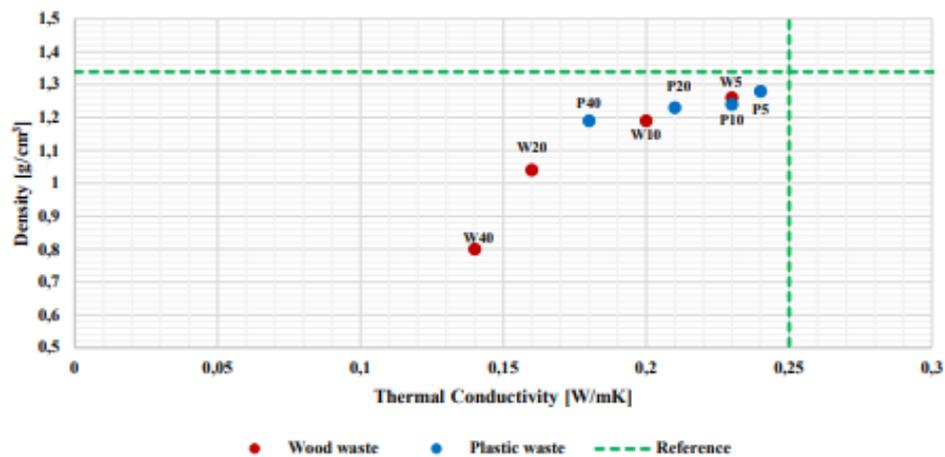
Gráfico 3: Densidade dos compósitos de diatomita/parafina/fibra de carbono/gesso



Fonte: Zhang B. *et al.* (2020)

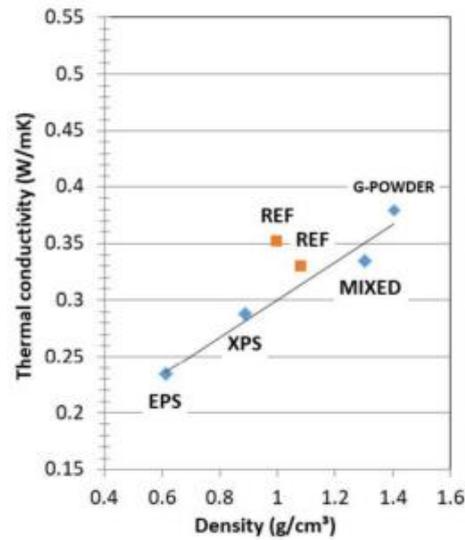
Outro exemplo temos os Gráficos 4 e 5, nos estudos respectivamente de Pedreno-Rojas M.A. *et al.* (2019) e Porras-Amores C. *et al.* (2018), onde existe uma tendência quase linear com a diminuição da condutividade térmica com a densidade para esses materiais estudados.

Gráfico 4: Resultados de condutividade térmica vs densidade



Fonte: Pedreno-Rojas M.A. *et al.* (2019)

Gráfico 5: Condutividade térmica vs densidade



Fonte: Porras-Amores C. *et al.* (2018)

A Tabela 14 traz resumidamente em como cada artigo justificou a alteração da condutividade térmica dos seus novos compósitos estudados.

Tabela 14: Justificativa da alteração da condutividade térmica por artigo estudado

Artigos	Justificativa da alteração da condutividade térmica
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofiting	Aumento da densidade com a diminuição de poros
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Diminuição da densidade com o aumento de poros
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters	Diminuição da densidade com o aumento de poros
Properties of gypsum composites with shavings	Diminuição da densidade com o aumento de poros
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers	Diminuição da densidade com o aumento de poros

The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar		Diminuição da densidade com o aumento de poros
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications		Diminuição da densidade com o aumento de poros
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	EPS e XPS	Diminuição da densidade com o aumento de poros
	Resíduo de vidro	Aumento da densidade com a diminuição de poros
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Parafina e diatomita (PCM)	Diminuição da densidade com o aumento de poros
	Fibra de carbono	Não altera significativamente a densidade, mas interliga a matriz de gesso proporcionando mais canais para transferência de calor
	Conjunto	Diminuição da densidade com o aumento de poros
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.		Diminuição da densidade com o aumento de poros (amostra seca), entretanto, a argila é um material que absorve muita água

Fonte: Autor (2023)

Além do mais, o tipo de material utilizado influencia diretamente nos valores e variações da condutividade térmica, como explica Wu *et al* (2017), em que cada insumo utilizado tem diferente comportamento térmico, que pode possuir uma influência com representatividade ou não na propriedade térmica no novo compósito.

Pachla (2017) ressalta que a calibração dos equipamentos utilizados e a umidade e irregularidade das amostras também são fatores que podem ocasionar resultados dispersos da condutividade térmica. Aliado a isso, como mostrado na Tabela 8, não existe uma padronização

dos estudos em relação ao tipo de corpo de prova utilizado e sua quantidade, o que pode influenciar nos valores da condutividade.

Um ponto importante a se destacar é o estudo de Amarrayb K. *et al* (2018) que resultou em um aumento da condutividade térmica do novo compósito com uma diminuição da densidade, o que vai ao oposto do que foi resultado nos outros estudos, em uma análise mais fria.

Entretanto, é necessário entender que, em particular, o aditivo utilizado foram grânulos de argila que possuem uma alta capacidade de alteração de volume com a absorção de água, inclusive apenas com a umidade, em comparação com uma amostra seca. Desse modo, essa absorção traz “pontes de ligação” para a passagem da condutividade térmica desse material, visto que a água é uma boa condutora de energia. Isso justifica o fato de a condutividade térmica do compósito aumentar mesmo com a diminuição de sua densidade (Amarrayb *et al*, 2018).

4.2.3. Discussões da Análise Bibliométrica Simplificada

Feito a análise bibliométrica dos artigos estudados, podemos compreender de maneira clara qual a relevância acadêmica desses estudos. Pritchard (1969) entende que a bibliometria consegue medir os impactos que os jornais ou revistas científicas causam na sociedade acadêmica e verificar os autores que possuem mais produção acadêmica de qualidade.

Diante disso, com os dados obtidos nos jornais científicos publicados, entende-se que 3 dos 5 jornais possuem fator de impacto e nível A de importância no Qualis. Além disso, esses mesmos jornais possuem taxas acima de 4 no índice de citação, o CiteScore, demonstrando que são artigos com uma qualidade superior comparados com os artigos publicados em jornais que não possuem fator de impacto, um índice de citação e do Qualis baixo.

Outrossim, pela Tabela 12, os artigos científicos são citados 82 vezes em outros trabalhos acadêmicos, com destaque dado para os estudos de Bouzit S. *et al*. (2019) e Fatma N. *et al*. (2019), com 30 e 22 citações respectivamente, com resultados bem melhores comparados aos outros estudos.

Entretanto, devido ao corte temporal executado na pesquisa dessas amostras acadêmicas, o número de citações ainda é relativamente baixo desses artigos, principalmente dos materiais publicados no ano de 2023.

Portanto, metade dos artigos possuem uma performance acadêmica superior quando comparados entre si, devido ao fato de estarem publicados em revistas científicas com fator de impacto, melhores índices de citação, do Qualis e melhores valores de citações em outros estudos.

A Tabela 15 reúne os artigos com qualidade com os índices medidos.

Tabela 15: Artigos com melhor qualidade de acordo com as métricas

Artigos	Número de citações	Jornal Científico		
		Fator de Impacto (JCR)	CiteScore	Qualis
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	1	7,4	12,4	A2
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	7			
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	22	2,9	5,7	A4
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	30			
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	8	2,7	4,5	A4

Fonte: Autor (2023)

Com esses dados obtidos, podemos correlacionar com as metodologias usadas pelos artigos que foram melhores aceitas pelos jornais, melhorando o grau de confiabilidade desse método, podendo obter um padrão para futuros trabalhos, como demonstra a Tabela 16.

Tabela 16: Metodologia dos artigos aceitos em jornais com melhores índices

Artigos	Metodologia
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Analisador térmico Hot Disk TPS 500
Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres	Norma ASTM D5930-17 - Equipamento ISOMET 2114
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar	Hot Disk TPS 2500 S
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications	Aparelho analisador de constantes térmicas de disco quente
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Método fio quente - Medidor XIAT ECH TC3000 China

Fonte: Autor (2023)

Desse modo, os métodos do Disco Quente, Fio Quente e da Norma ASTM D5930-17 se mostram mais aceitos e com dados mais confiáveis para uma análise da condutividade, visto que foram submetidos em jornais com melhores reputações acadêmicas.

4.2.4. Correlação dos artigos com a Norma ABNT NBR 15575-4

A principal medição utilizada pela NBR 15575-4 (2013) para o conforto térmico das edificações habitacionais é a transmitância térmica do material utilizado, ou seja, a taxa de transferência de calor de um material, ou ainda, o quanto esse material consegue transferir de calor de um lado para o outro em uma área de 1 m².

A Figura 13 traz os valores máximos admissíveis pelo Norma para a transmitância térmica das paredes externas de acordo com a zona bioclimática a qual ela está inserida.

Figura 13: Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15575-4 (2013)

Podemos perceber, a partir da unidade da transmitância térmica e da condutividade térmica, que produtos com condutividade térmica mais baixa propiciam a esse material valores de transmitância térmica também mais baixos, colaborando para manutenção ou adequação desses valores exigidos pela Norma. Assim, geram um ambiente com melhor conforto térmico e mais eficiência energética para o usuário, dificultando a passagem de calor para o ambiente interno, diminuindo sua temperatura.

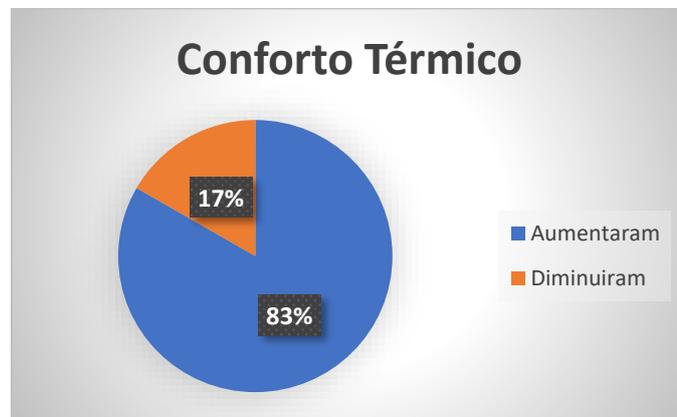
A Tabela 17 demonstra como cada artigo traz de consequência da alteração da condutividade térmica dos novos compósitos para o ambiente em que ele estará inserido e o Gráfico 6, em termos de porcentagem, quantos novos materiais estudados melhoraram esses valores para um melhor conforto térmico.

Tabela 17: Consequência da alteração da condutividade térmica por artigo

Artigos	Consequência da alteração da condutividade térmica
Novel gypsum based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting	Maior eficácia na transferência de calor dos PCM's durante sua transição de fase, gerando uma maior capacidade térmica

Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
Properties of gypsum composites with shavings		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications		Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials	EPS e XPS	Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
	Resíduo de vidro	Menor conforto térmico devido ao aumento da transmitância térmica
Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber	Parafina e diatomita (PCM)	Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
	Fibra de carbono	Menor conforto térmico devido ao aumento da transmitância térmica
	Conjunto	Maior conforto térmico devido a diminuição da transmitância térmica
The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.		Menor conforto térmico devido ao aumento da transmitância térmica

Gráfico 6: Quantidade de materiais estudados que resultaram em melhor conforto térmico para o usuário



Fonte: Autor (2023)

Vale ressaltar que, o estudo feito por Wadee A. *et al.* (2023) mostra um aspecto peculiar devido ao aditivo utilizado, se tratando de um material de mudança de fase, sendo um material importante que atua como agente de armazenamento de calor latente, absorvendo e liberando calor em uma temperatura quase constante, ou seja, agem na composição com o gesso absorvendo calor e energia (Wadee A. *et al.*, 2023).

Diante disso, o novo compósito estudado gerou um aumento da condutividade térmica, mas, por se tratar de um PCM, ele obteve uma melhor capacidade térmica, devido sua eficácia na transferência de calor, não aumentando a temperatura na fase de fusão e solidificação, que por sua vez não irá resultar em um aumento de temperatura final no ambiente interno ao qual ele estará inserido.

4.2.5. Resumo Crítico dos Resultados e Discussões

A última etapa da metodologia *PRISMA* para revisão sistemática se dá pelo resumo crítico dos resultados e discussões dos artigos apresentados.

Inicialmente, a busca dos artigos para a revisão se dá a partir de uma pergunta científica e combinações de palavras-chaves para sua pesquisa. Desse modo, é de extrema importância uma busca bem feita, com metodologia reconhecida e estratégia cautelosa, para evitar que

artigos importantes não tenham sido achados na coletânea e não sejam inseridos no estudo, melhorando a qualidade e eficiência do trabalho.

Aliado a isso, é importante também se atentar ao fato do grau de especificidade da pergunta e se o tema proposto para estudo é recente ou não, de modo que facilite a interpretação da quantidade de artigos encontrados, sendo um número baixo ou alto. Isso se deve ao fato de que, como proposto no presente estudo, o gesso é um material bem longínquo, utilizado há muitos séculos, assim, inúmeros trabalhos já foram feitos baseado nesse material. Entretanto, a depender de sua propriedade estudada, a quantidade desses materiais de estudos encontrados pode diminuir abruptamente, como o que ocorre com as propriedades térmicas, gerando um número de artigos encontrados relativamente baixos, comparado ao total sobre o material estudado em questão.

Por outro lado, esse baixo número de trabalhos encontrados leva ao fato de que poucos estudos e tecnologias ainda estão sendo implementados nesse material, mesmo ele sendo muito usado na construção civil e necessário para a diminuição da emissão de energia que afeta o nível de temperatura global. Ou seja, além da importância de novos materiais para a construção civil, ele possui a importância ambiental para o planeta e para a sociedade.

Ainda, com os artigos analisados podemos perceber que 71% dos materiais adicionados ao gesso melhoram sua propriedade térmica, diminuindo sua condutividade térmica, diminuindo, assim, sua facilidade em conduzir energia e por consequência, diminui sua transmitância térmica, colocando o ambiente interno ao qual está inserido com nível de temperatura mais baixo, com 83% dos materiais melhorando o conforto térmico.

Também, podemos perceber que a adição de materiais que criam poros na estrutura dos novos compósitos tende a diminuir a densidade do produto, e assim, diminuir a condutividade térmica deles. Facilitando, desse modo, para estudos futuros a escolha de materiais já com essas propriedades, buscando uma maior eficiência e aplicação prática.

Por fim, esses novos compósitos podem conseguir atender a demanda global na diminuição dos gases do efeito estufa e emissão de energia, como destaca Maciel et al (2018), na necessidade da busca pela sustentabilidade ambiental e preocupação com projetos e materiais que resultem em menor impacto ambiental, com a construção de edifícios que consumam menos energia, possibilitando a diminuição ou manutenção da temperatura média global. E estar de acordo os valores exigidos na norma brasileira NBR 15575-4 (2013) para um bom conforto térmico do ambiente.

5. CONCLUSÕES

A busca pela constante melhora na qualidade dos produtos entregues pela construção civil à sociedade é incansável pelos engenheiros e construtores mundos à fora. Aliado a isso, o aumento da preocupação com a sustentabilidade do planeta e a conscientização da população pela importância a ser dada a isso pelas empresas e governos nacionais, leva a necessidade do setor da engenharia a proporcionar empreendimentos que une qualidade e sustentabilidade entregues à cidade.

Dessa forma, uma das medidas importantes a serem desenvolvidas nesse contexto, é a pesquisa e desenvolvimento na criação de novos compósitos para serem usados na construção dos edifícios com propriedades superiores aos materiais já existentes e utilizados nos dias de hoje.

Devido à grande utilização do gesso na construção civil, é importante a diversificação de novos materiais à sua base para que na sua composição sejam gerados insumos com propriedades superiores às existentes nos materiais individuais.

Este trabalho pôde trazer diferentes artigos, com diferentes compósitos introduzidos ao gesso, que podem ser utilizados de maneira prática nos serviços do canteiro de obra, como revestimento de paredes internas de apartamentos ou casas, que melhoram o desempenho térmico do empreendimento, devido ao baixo valor de condutividade térmica que eles possuem. Essa intercorrência foi obtida, de forma geral nos artigos estudados, nos aditivos mais porosos, gerando uma argamassa, material de revestimento, com melhor capacidade de ser isolante térmico.

A introdução desses aditivos ao gesso altera sua estrutura química, criando novos espaços vazios, ou seja, quanto mais poroso o composto for, mais espaços vazios o novo compósito terá, obtendo maior dificuldade para transferência de calor e diminuindo seu coeficiente de condutividade térmica. Os materiais de EPS e XPS diminuiram em até 56% esse coeficiente, concluído serem ótimos materiais a serem incorporados ao gesso, já que aumentam a capacidade térmica desse material.

Entretanto, elementos que priorizaram propriedades mecânicas, como resistência, não apresentaram bom desempenho térmico, como o resíduo de vidro e a fibra de carbono, pelo fato

de serem materiais que aumentam a densidade do compósito, o que facilita na transferência de calor diminuindo o desempenho térmico dele.

Portanto, utilizar insumos com densidade mais baixa que o gesso tende a ser opções de aditivos interessantes na busca de materiais com propriedades térmicas superiores. Além disso, a utilização de resíduos da construção civil como complementos para esses compostos e os dois fatores sustentáveis buscado por esse trabalho, a reutilização de materiais residuais e a incorporação com outro material que diminui a temperatura média do ambiente, diminuindo no gasto energético de manutenção ao longo do tempo.

Desse modo, mesmo com a pequena amostra de artigos obtidos, o que foi uma limitação do trabalho, mostrando ser um campo de pesquisa a ser desenvolvido principalmente no Brasil, devido ao grande uso do gesso, inúmeros materiais que podem ser utilizados como compostos que são residuais das construções e nenhum artigo obtido na análise, a revisão sistemática foi importante para entender quais materiais estão sendo estudados nessa agregação com o gesso e como eles impactam na condutividade térmica desse material, o que irá beneficiar no conforto térmico do usuário de uma forma geral.

Também, este trabalho se torna um estudo que pode ser utilizado como base para pesquisadores, auxiliando-os no desenvolvimento de novos compósitos à base de gesso, a partir da padronização de uma metodologia e no tipo de aditivo a ser escolhido, e para profissionais que buscam aplicar recentes tecnologias de materiais nos seus canteiros de obra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A recomendação PRISMA. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, jun. 2015.

AMARRAYB K. *ET AL.* **The influence of the expanded clay granules ratio on the thermal conductivity and thermal diffusivity of gypsum plaster-based composites's.** Equié de Materiais, Energia e Acústica, Universidade Mohammed V, Rabat, Marrocos, 2018.

ANTUNES, R. P. N. **Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso.** 1999. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING. **Norma 55/2004: Thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta, 2004.

ASSIS, E.S., *ET AL.* **Habitação Social e Eficiência Energética: um Protótipo para o Clima de Belo Horizonte.** Anais do II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, Vitória, Espírito Santo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho, Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenamento e reciclagem.** São Paulo, 2012.

ASTM D5930-17. Standard Test Method for Thermal Conductivity of Plastics by Means of a Transient Line-Source Technique.

BARBERO, S. *ET AL.* **Analysis on existent thermal insulating plasters towards innovative applications: Evaluation methodology for a real cost-performance comparison.** Energy and buildings, v. 77, p. 40-47, 2014.

BARBOSA, A.A. **Estudo da conversão química de compósitos a base de gesso em hidroxiapatita.** 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em ciência dos materiais), Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro.

BENITE, A. **Emissões de carbono e a construção civil.** Centro de Tecnologia de Edificações: São Paulo. 2011.

BEZERRA, L. A. C.. **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

BIANCO, Lorenza et al. **Thermal insulating plaster as a solution for refurbishing historic building envelopes: First experimental results.** energy and buildings, v. 95, p. 86-91, 2015.

BOUZIT S. *ET AL.* **Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications.** Faculdade de Ciências, Universidade Ibn Zohr, Marrocos, 2019.

BRAGA JÚNIOR V. E.; CARVALHO L. C. **Revestimento de gesso e argamassa convencional: uma análise comparativa em edificações unifamiliares na cidade de Campos Gerais-MG.** Minas Gerais, 2020.

BRIZOLA J.; FANTIN N. **Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura.** Revista de Educação do Vale do Arinos. Mato Grosso, 2016.

CARASEK, H. Argamassas - **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais;** Ed. Geraldo C. Isaia – São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

COSTA, S. P. L. **Armazenamento de Energia Térmica Através de Materiais de Mudança de Fase.** Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Porto, Portugal, 2014.

DE FRANÇA, T.; BATISTA, P.; PÓVOAS, Y. **Influência da espessura de revestimento de argamassa de gesso no comportamento térmico de paredes em alvenaria de tijolos.** 2º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos. 2019.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. **Revestimento à Base de Gesso de Construção** São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

FATMA N. *ET AL.* **The effect of doum palm fibers on the mechanical and thermal properties of gypsum mortar.** Escola Nacional de Engenharia de Monastir, Tunísia, 2019.

FERNANDES, O, C. **Energia Solar.** Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/páginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em: 25 de out. de 2023.

INCROPERA, FRANK. P. *ET AL.* **Fundamentos de transferência de calor e massa.** Tradução Carlos Alberto Biolchini da Silva. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de Construção Civil.** In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil** São Paulo: IBRACON, 2007.

LAMBERTS, R.; DUARTE, V. C. P. **Desempenho térmico de edificações.** UFSC: Apostila. Florianópolis, 7ª ed., 239 p., 2016.

LEITÃO, M. A. S. **Gesso: Conhecimento e uso na Engenharia.** In: XXXIII – Congresso brasileiro de ensino de Engenharia. Campina Grande, 2005.

LYRA SOBRINHO, A. C. P.; AMARAL, A. J. R., DANTAS, J. O. C., DANTAS, J. R. A. **Gipsita.** In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Ed.). **Balanço Nacional Brasileiro 2001.** Brasília, DF, 2001. P. 1-23.

MACIEL, M. A. D. *ET AL.* **Emissões de gases de efeito estufa na construção civil.** Centro Universitário de Maringá. 2018.

MACEDO, M. C., *ET AL.* **Materiais compósitos à base de gesso e isopor para construção de casas populares.** Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Santa Cruz, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2011

MUNHOZ, F.C.; RENÓFIO, A. **Uso da gipsita na construção civil e adequação para a P+L.** In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Foz do Iguaçu, 2007.

NASSARI, S.; NANTASAI, B.. **Thermal Conductivity of Pervious Concrete for Various Porosities**. *ACI Materials Journal*, v.114, p.265-271. 2017.

OLIVEIRA, M. C. **Compósito de poliuretano de mamona e resíduo industrial para isolamento térmico e absorção sonora**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2010.

OLIVEIRA, M. P. **Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e Vermiculita: Otimização de misturas e propriedades termomecânicas**. 2009. 196 p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PACHLA, E. C.. **Desempenho térmico-acústico-mecânico-durabilidade de compósitos de matriz cimentícia com reduzida massa específica reforçados por casca de palha de arroz**. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2017.

PEDRENO-ROJAS M.A. *ET AL*. **Influence of Wood and Plastic Waste as Aggregates in Gypsum Plasters**. Escola Técnica Superior de Arquitetura, Universidade de Sevilha, Sevilha, Espanha, 2019.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. Campinas: Unicamp 2011.

PORRAS-AMORES C. *ET AL*. **Thermal behaviour of traditional lightweight gypsum with construction and demolition waste materials**. Universidade Politécnica de Madrid, Escola Técnica Superior de Edificação, Departamento de Construções Arquitetônicas e seu Controle, Madrid, Espanha, 2018.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? *Jornaul of documentation*, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

REGULSKA K.; REPELEWICZ A. **Properties of gypsum composites with shavings**. Universidade de Tecnologia de Czestochowa, Departamento de Engenharia Civil, Czestochowa, Polônia, 2019.

REGULSKA K.; REPELEWICZ A. **Properties of Gypsum Composites with Straw Fillers**. Universidade de Tecnologia de Czestochowa, Departamento de Engenharia Civil, Czestochowa, Polônia, 2019.

RIBEIRO, L. C. *ET AL.* **Medição da condutividade térmica de materiais sólidos não condutores.** Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2003.

ROMERO-GOMEZ M.I. *ET AL.* **Thermal and mechanical performance of gypsum composites with waste cellulose acetate fibres.** Escola Técnica Superior de Arquitetura, Universidade de Sevilha, Sevilha, Espanha, 2022.

SANTOS, W. N. *ET AL.* **Método de fio quente na determinação das propriedades térmicas de polímeros.** Universidade Federal de São Carlos. 2004.

SATTLER, M. A. O Contexto. In: SATTLER, M. A. (Org). **Habitacões de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.** Porto Alegre: Coleção HABITARE/FINEP, 2007. p. 13-19.

SIENGE. Custo da obra por etapa: conheça os valores e planeje-se. 2022. Disponível em: <Custo da obra por etapa: conheça os valores e planeje-se (sienge.com.br)>. Acesso em: 25 out. 2023.

SILVA, C. F. **Condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico em rochas ígneas e metamórficas: comportamento isotrópico e anisotrópico.** Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2010.

SUN, Y.; GAO, P.; GENG, F.; LI, H.; ZHANG, L.; LIU, H.. **Thermal conductivity and mechanical properties of porous concrete materials.** Materials Letters, v.209, p.349-352, 2017.

VELOSO, M. C. R. A. *ET AL.* **Produção e caracterização de compósitos à base de gesso reforçado com partículas de resíduo da agroindústria do cacau.** Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2021.

WADEE A. *ET AL.* **Novel gypsum-based plasters with phase change material impregnated lightweight aggregates for energy efficient retrofitting.** Centro de Materiais, Processos e Estruturas Integrados, Universidade de Bath, Reino Unido, 2023.

WOLFRAM, Dietmar. Bibliometrics Research in the Era of Big Data: Challenges and Opportunities. **Bibliometria e Cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na Era do Big Data**, p. 91-101, 2017.

WU, H.; SUN, B.; LIU, Z.; YIN, J.. **Laboratory-simulated investigation on thermal behaviors of permeable concrete pavements.** Road Mater. Pavement, v.8, n.3, p.104-115, 2017.

XU, Y.; CHUNG, D. D. L. **Effect of sand on the specific heat and thermal conductivity of cement.** Cement and Concrete Research, n. 30, pp. 59-61, 2000.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar.** 18. ed. rev. e atual. São Paulo: Blucher, 2021.

ZHANG B. *ET AL.* **Mechanical and Thermo-Physical Performances of Gypsum-Based PCM Composite Materials Reinforced with Carbon Fiber.** Faculdade de Engenharia Civil e Transportes, Universidade de Shenzhen, China, 2020.

ZHONG, R.; WILLE, K.. **Material design and characterization of high-performance pervious concrete.** Construction and Building Materials, v.98, p.51-60, 2015.