



**DANIEL BRAGA MARQUES
JOÃO PAULO PAIVA DE OLIVEIRA**

**TELHAS TERMOACÚSTICAS E ANÁLISE DA VIABILIDADE
FINANCEIRA DE SEU USO: UMA REVISÃO**

**LAVRAS-MG
2022**

**DANIEL BRAGA MARQUES
JOÃO PAULO PAIVA DE OLIVEIRA**

**TELHAS TERMOACÚSTICAS E ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE
SEU USO: UMA REVISÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

Mestrando Romário de Sousa Almeida
Coorientador

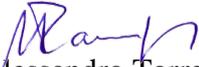
**LAVRAS-MG
2022**

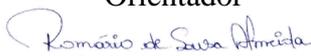
**DANIEL BRAGA MARQUES
JOÃO PAULO PAIVA DE OLIVEIRA**

**TELHAS TERMOACÚSTICAS E ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE
SEU USO: UMA REVISÃO
THERMOACOUSTIC ROOF TILES AND ANALYSIS OF THE FINANCIAL
VIABILITY OF THEIR USE: A LITERATURE REVIEW**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 06 de junho de 2022.
Mestranda Luzia Batista Moura UFLA
Mestranda Maria Pereira de Araújo UFLA
Mestrando Felipe Vinícius Oliveira Silva UFLA


Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador


Mestrando Romário de Sousa Almeida
Coorientador

**LAVRAS-MG
2022**

RESUMO

As telhas termoacústicas são caracterizadas por um núcleo isolante com a função de melhorar as características térmica e acústica da cobertura. Assim, objetivou-se com o trabalho realizar uma revisão bibliográfica a respeito das telhas termoacústicas e analisar a viabilidade financeira de seu uso em relação a outros materiais mais comuns. Para realização da revisão bibliográfica, o objeto de estudo selecionado foi a “telha termoacústica”, os seus termos: popular “telha sanduiche” e inglês “*Sandwich tile*”. Foi considerado artigos científicos como fontes primárias de informação, além de livros, capítulos de livros, trabalhos de revisão bibliográfica e documentos publicados em repositórios institucionais. Foram consultadas informações em sites de empresas de produção e/ou comercialização das telhas termoacústicas. Buscou-se trabalhos no Portal de Periódicos CAPES, Google Acadêmico, e nas bases de dados: *Web of Science*, *Scielo*, *Science Direct* e *Scopus*. Para o orçamento, considerou-se as telhas cerâmicas, de fibrocimento, metálicas e a termoacústica, padronizando-se as dimensões de comprimento e largura, as características e tipologias para comparação dos preços. Realizou-se o levantamento dos preços das telhas diretamente com os fornecedores/revendedores, por meio de contatos telefônicos e catálogos fornecidos nos sites das empresas. Foram coletados também dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI. Observou-se que as telhas termoacústicas são coberturas recentes em relação as mais comercializadas, influenciando seu baixo número de publicações. Porém, constatou-se que elas são caracterizadas por uma maior eficiência no isolamento térmico e acústico com sua utilização em edificações residenciais ou comerciais, quando comparada com os demais sistemas convencionais de coberturas, garantindo uma maior qualidade de vida através do conforto ambiental proporcionado aos seus usuários. Verificou-se que os preços das telhas termoacústicas praticados pelo mercado na região de São Paulo - SP ainda são altos quando comparados a outros sistemas de cobertura, porém, levando em conta a redução de custos na estrutura de sustentação e a diminuição do consumo energético para manter uma temperatura confortável para os indivíduos no interior da edificação, o uso dessa telha se mostrou economicamente viável a médio/longo prazo.

Palavras-chave: Coberturas. Telha sanduiche. Conforto ambiental. Edificações.

ABSTRACT

Thermoacoustic roof tiles are characterized by an insulating core with the function of improving the thermal and acoustic characteristics of the roof. Thus, the objective of this study was to conduct a literature review of thermoacoustic roof tiles and to analyze the financial feasibility of their use in relation to other more common materials. To carry out the literature review, the object of study selected was the "thermoacoustic tile", its popular terms "*telha sanduiche*" and English "Sandwich tile". Scientific articles were considered as primary sources of information, in addition to books, book chapters, literature review papers, and documents published in institutional repositories. We consulted information on the websites of companies that produce and/or sell thermoacoustic tiles. We searched the CAPES Periodical Portal, Google Scholar, and the databases: Web of Science, Scielo, Science Direct and Scopus. For the budget, ceramic, fiber cement, metal and thermoacoustic roof tiles were considered, standardizing the length and width dimensions, characteristics and types for price comparison. A survey of tile prices was carried out directly with the suppliers/resellers by means of telephone contacts and catalogs provided on the companies' websites. Data was also collected from the National System for Civil Construction Cost and Index Research - SINAPI. It was observed that thermoacoustic roofing tiles are recent in relation to the most commercialized coverings, influencing their low number of publications. However, it was found that they are characterized by greater efficiency in thermal and acoustic insulation with their use in residential or commercial buildings, when compared to other conventional roofing systems, ensuring a higher quality of life through environmental comfort provided to its users. However, taking into account the cost reduction in the support structure and the decrease in energy consumption to maintain a comfortable temperature for individuals inside the building, the use of this tile proved to be economically viable in the medium to long term.

Keywords: Roofing. Sandwich tile. Environmental comfort. Buildings.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Protótipos com telhas cerâmica (A), termoacústica (B) e de fibrocimento (C)..... 15
- Figura 2 - Análise do fluxo de calor de um mesmo modelo de telha termoacústica, TP-40, com núcleos isolantes diferentes, uma com EPS e a outra com PIR, que revestiam a cobertura de dois edifícios na cidade de Campo Mourão-PR..... 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de diferentes materiais de cobertura.....	19
Tabela 2 - Composição de preço telhamento sintético SINAPI ref. 02/2022.....	20
Tabela 3 - Composição de preço madeiramento sintética SINAPI ref. 02/2022.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 METODOLOGIA.....	10
2.1 Elaboração do levantamento bibliográfico.....	10
2.2 Elaboração do orçamento	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1 Revisão bibliográfica	12
3.1.1 Conforto térmico.....	12
3.1.2 Conforto acústico	13
3.1.3 Telhas termoacústicas	13
3.1.4 Cenário de publicações das telhas termoacústicas	14
3.2 Orçamento	18
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas para obtenção de informações a respeito do uso de diferentes tipos de cobertura e sua influência na promoção do conforto ambiental, principalmente quando se trata de um país tropical como o Brasil, caracterizado por variações de temperaturas nas diferentes regiões, em que, algumas são superiores ou inferiores ao que é recomendável para um ambiente térmico confortável aos utilizadores da instalação, sejam estes humanos ou animais.

Segundo Sorgato *et al.* (2014), é considerado um ambiente confortável aquele que apresenta um conjunto de condições ambientais, tais como térmico, visual, acústico e antropométrico, que proporcionem um bem estar aos usuários humanos. Já para os animais, o ambiente é confortável quando não há gasto de energia para controlar a temperatura corporal, o que faz restar mais energia para a produção (FERREIRA, 2005).

De acordo com Scarelli *et al.* (2017), dentre os receptores de calor de uma edificação, podem-se destacar a fachada, cobertura, esquadrias, entre outros. Levando em conta que a cobertura de uma edificação é responsável por 70% da absorção de calor (SORGATO *et al.*, 2014), e que, é onde a radiação proveniente do sol incide de forma mais agressiva (MATIAS, 2001), a cobertura pode ser considerada um dos elementos responsáveis por determinar o conforto térmico dentro de uma edificação.

Para compor o telhado das edificações existem algumas opções, como por exemplo a cobertura verde ou a utilização de telhas comuns, sendo essas últimas as mais utilizadas, que podem ser fabricadas de diferentes tipos de materiais, os mais comuns para cobertura são: fibrocimento, alumínio, aço galvanizado e cerâmica (GALINDO, 2015). Diante desse cenário, surge outras opções no mercado de coberturas, sendo uma delas a telha termoacústica, que vem se destacando pelo seu potencial de isolamento térmico e acústico das edificações.

A partir da união de duas folhas de telhas metálicas, acrescentando um núcleo isolante entre ambas é formada a telha termoacústica ou como também conhecida a telha sanduiche segundo a NBR 16373 de 05/2015. Essas, tem como objetivo a diminuição da utilização de energia elétrica, reduzir a troca de calor interna e externa, aliviar sons externos e evitar condensação no interior da edificação (CALDEIRA *et al.*, 2016). No entanto, por se tratar de um material novo em relação aos demais tipos de telhas que são amplamente difundidas no mercado, há uma carência no fornecimento de informações técnicas e científicas na literatura com as telhas termoacústicas.

Considerando a relevância desse tipo de cobertura na promoção do conforto ambiental das edificações e a necessidade de informações sobre suas características, objetiva-se com o trabalho realizar uma revisão bibliográfica a respeito das telhas termoacústicas e analisar a viabilidade financeira de seu uso em relação a outros tipos de materiais mais comuns.

2. METODOLOGIA

2.1 Elaboração do levantamento bibliográfico

O trabalho foi baseado em uma revisão de literatura e a variável ou objeto de estudo selecionado foi a “telha termoacústica”, sendo utilizado também o seu termo popular “telha sanduiche” como também o termo inglês “*sandwich tile*”. O levantamento consistiu da utilização de artigos científicos como fontes primárias de informação, além de livros, capítulos de livros, trabalhos de revisão bibliográfica e documentos publicados em repositórios institucionais, como monografias, dissertações e teses. Foram realizadas consultas de informações em sites de empresas responsáveis pela produção e/ ou comercialização das telhas termoacústicas.

Para busca de literatura relacionada ao eixo temático, foi utilizado o Portal de Periódicos CAPES, o Google Acadêmico, bem como as bases de dados *Web of Science*, *Scielo*, *Science Direct* e *Scopus*, visando com isso a compreensão dos mecanismos que envolvem as telhas termoacústica, recomendações e avanços recentes sobre aspectos metodológicos de projeto. Foram destacados também os principais desafios e potencialidades de desenvolvimento de pesquisas para o futuro, visto que estes tipos de coberturas são promissores para fornecimento de conforto ambiental aos utilizadores das edificações.

2.2 Elaboração do orçamento

Para realização do orçamento, foram considerados os tipos de cobertura mais usuais na construção civil, sendo elas: telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas metálicas (GUERRA, 2010) e o objeto de estudo, a telha termoacústica. Diante disso, buscou-se a padronização das dimensões de comprimento (C) e largura (L), como também das características e tipologias para efeito de comparação dos preços entre os diferentes produtos.

Realizou-se o levantamento dos preços das telhas diretamente com os fornecedores/revendedores, por meio de contatos telefônicos e catálogos fornecidos nos sites das empresas. Em relação as empresas amostradas no levantamento das informações, têm-se para as telhas termoacústicas: Kingspan (Sorocaba-SP), Rei do Minério (Jundiaí-SP), Fast Drywall e Steel frame (Atibaia-SP) e Ananda Metais (Piracicaba-SP); telhas metálicas: Leroy

Merlin (São Paulo-SP) e Obramax (Itu-SP); telhas cerâmicas e telhas de fibrocimento: Leroy Merlin (São Paulo-SP) e Sodimac (Itu-SP).

Para composição do orçamento, levantou-se também dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, que tem como um dos seus objetivos a produção de séries mensais de preços medianos de materiais, o sistema é uma produção conjunta do IBGE e da Caixa Econômica Federal - Caixa, os preços e custos auxiliam na elaboração, análise e avaliação de orçamentos (IBGE, 2022). Para o estudo dos preços, utilizou-se a dados da tabela SINAPI desonerada, ou seja, a que não leva em conta os valores gastos com tributação previdenciária. Dessa forma, buscou-se maior proximidade com a realidade da maioria das obras de baixo/médio padrão. Os dados coletados são referentes ao estado de Minas Gerais e o mês de fevereiro de 2022 para composição orçamentária.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Revisão bibliográfica

3.1.1 Conforto térmico

O ambiente que um indivíduo está inserido interfere diretamente no seu trabalho desempenhado, no caso dos animais, ele afeta seus processos reprodutivos ou produtivos, sendo a condição térmica do meio determinante nesses processos.

Segundo Ruas (1999), o ser humano é considerado um sistema termodinâmico, que realiza troca de calor com o ambiente de forma contínua com o intuito de atingir um equilíbrio térmico essencial para progressão da vida, para isso, o corpo utiliza-se de um sistema termorregulador. Dessa forma, para garantir um conforto térmico, a atuação do termorregulador deve ser baixa, do contrário irá gerar uma sensação de desconforto.

De acordo com Ribeiro (2019), o sistema de termorregulação do ser humano visa estabilizar a temperatura interna. Sendo assim em um ambiente em que a temperatura se encontra alta, o indivíduo utiliza-se da vasodilatação para elevar a quantidade de sangue que percorre os vasos da superfície da pele, o que dissipa o calor interno, já quando o ambiente encontra-se com temperatura baixa, o processo é o inverso, ou seja, existe uma redução da circulação de sangue na superfície, o que leva a uma menor dissipação, mantendo a temperatura interna do organismo.

O conforto térmico dos animais é avaliado de forma diferente do ser humano. Os animais submetidos a um ambiente térmico favorável, apresentam melhores produtividades (SEVEGNANI *et al.*, 1994). Garcia (2013) indica que, quando os mesmos se sentem estressados por conta da temperatura em que se encontram, seja ela baixa ou alta, existe a quebra do equilíbrio fisiológico, com isso não é possível alcançar o potencial máximo reprodutivo e produtivo. Cada animal possui uma temperatura ideal que não prejudica suas funções, como por exemplo o caso de búfalos, onde a temperatura do ar deve estar entre 13° e 18°C.

De acordo com Vieira (2008), a concepção arquitetônica tem como objetivo conceber uma sensação de conforto para os ocupantes a nível térmico, de forma que a mesma não dependa do externo. Para ser proporcionado, além da configuração arquitetônica, é necessário conhecer o desempenho térmico dos materiais. Dessa maneira, conhecer os materiais que estão realizando as maiores trocas de calor é de suma importância para garantir o conforto térmico.

3.1.2 Conforto acústico

O conforto acústico antes uma variável considerada subjetiva em edificações habitacionais, hoje vem se tornando algo cada vez mais buscado nas construções. A procura por ambientes tidos como confortáveis a audição cresce a cada dia, ainda mais com a popularização do *home-office*, que exige residências cada vez mais adaptadas para essa nova realidade (LOSEKANN; MOURÃO, 2020).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as pessoas que se encontram submetidas frequentemente a níveis elevados de ruído ambiental têm maiores chances de desenvolver doenças cardiovasculares (WHO, 2011). Logo, a poluição sonora não deve ser vista apenas como um fator de incômodo e perturbação, mas principalmente como uma ameaça à saúde pública.

Para auxiliar nesse quesito, tem-se como referência a norma brasileira de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021), que foi redigida conforme modelos internacionais, buscando a melhora na qualidade dos sistemas construtivos habitacionais brasileiros. A norma estabelece o conceito de desempenho por meio da definição de requisitos, critérios e métodos de avaliação, objetivando a mensuração clara do seu cumprimento (CARVALHO *et al.*, 2020).

De acordo com Catai *et al.* (2006), os materiais que vem sendo utilizados dentro da construção civil com mais frequência como blocos de cerâmica, blocos de concreto e a utilização do próprio concreto armado já contribuem para proporcionar um grau de conforto acústico, visto que os ruídos advindos dos grandes centros urbanos podem ocasionar um desconforto maior e acabar diminuindo a qualidade de vida. Mas apenas a utilização desses materiais não é suficiente, quando é exigido um maior isolamento do meio externo é necessário a utilização de outros materiais atenuantes, como por exemplo as telhas termoacústicas.

3.1.3 Telhas termoacústicas

As telhas termoacústicas ou também conhecidas como termo isolantes ou ainda como telhas sanduiches foram desenvolvidas na busca por melhorarias nas condições de habitação dos usuários que utilizavam as telhas metálicas em suas edificações. De acordo com dados publicados pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), no ano de 2014 as telhas em aço representaram 18,9% do mercado de coberturas no Brasil. A utilização das telhas metálicas proporciona uma enorme vantagem, a de trazer leveza a cobertura e por consequência reduzir

custos estruturais. No entanto, o inconveniente desse tipo de cobertura é sua baixa capacidade de isolar o ambiente das intempéries externas, trazendo desconforto aos usuários.

Para que a produção e utilização das telhas termoacústicas sejam padronizadas e ofereçam uma boa qualidade, recentemente surgiu a ABNT NBR 16373:2015 – Telhas e Painéis Termoacústicos – Requisitos de Desempenho, onde é estabelecido requisitos de desempenho térmico e acústico e classificação de acordo com o modelo fabricado. Segundo Andrade (2016), devido a criação recente da norma, muitas indústrias a desconhecem e acabam fabricando e comercializando os produtos sem nenhum critério de avaliação do seu desempenho, o que impacta diretamente na qualidade dos produtos oferecidos.

As telhas termoacústicas se caracterizam por possuir em seu interior algum tipo de material isolante cuja função é inibir termicamente e acusticamente a diferença entre ambientes. A ABNT NBR 16373:2015 – Telhas e Painéis Termoacústicos – Requisitos de Desempenho define que as camadas utilizadas como núcleo isolante sejam compostas por poliestireno (EPS), lã de rocha, lã de vidro, polisocianurato (PIR) e poliuretano (PU).

Dentre os mais utilizados como núcleos isolante se destacam o EPS e o PIR, sendo o último o que traz a edificação um melhor isolamento térmico uma vez que sua condutividade térmica é mais baixa, por volta de 38,9% em relação ao EPS (KINGSPAN, 2022). Diante disso, as telhas termoacústicas têm-se apresentado como uma alternativa interessante e que visa promover leveza ao telhado metálico com um desempenho térmico e acústico superior as demais coberturas.

3.1.4 Cenário de publicações das telhas termoacústicas

Para melhor entender o desempenho da telha termoacústica em relação a outros materiais, algumas pesquisas tem sido desenvolvidas com as coberturas submetidas a condições variadas. Por exemplo, Sevegnani *et al.* (1994) realizou uma comparação entre as telhas de cerâmica, amianto, termoacústica, alumínio e zinco no interior de abrigos para animais através de índices de conforto térmico, os dados foram coletados em diferentes horários por dia, entre 05 de janeiro e 12 de fevereiro de 1993, foi observado que as telhas de cerâmica, alumínio e as termoacústicas apresentaram melhores resultados de índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e o índice de carga térmica radiante (CTR), enquanto às demais telhas apresentaram valores inferiores na avaliação desses índices de conforto e devem ser utilizadas em último caso.

Silva (2021) visando comparar o uso de três tipos de coberturas (Figura 1), sendo elas: telha cerâmica (A), telha termoacústica (B) e telha de fibrocimento (C), por meio de sensores colocados dentro dos protótipos, avaliou os seguintes índices: ITU, ITGU, CTR, TRM e TE. Constatou-se que o uso da telha termoacústica se mostrou a segunda melhor escolha, uma vez que a cobertura cerâmica trouxe as melhores condições ao ambiente, porém deve-se levar em conta a inclinação irregular do telhado cerâmico utilizado no experimento.

Figura 1 – Protótipos com telhas cerâmica (A), termoacústica (B) e de fibrocimento (C).



Fonte: Silva (2021).

Zanella (2019) utilizando o software Energy Plus, avaliou os seguintes sistemas de cobertura: telha sanduiche (termoacústica), telha de fibrocimento, telha cerâmica, telha de concreto e telha asfáltica. Ele analisou extremos de temperatura considerando a maior amplitude térmica para avaliação levando em conta as temperaturas de Porto Alegre-RS. Com a simulação, foi possível perceber que a telha sanduiche possui uma vantagem térmica superior a 4,50°C para o dia crítico de inverno e 11,00°C para o dia típico de verão, isso comparado com a telha de fibrocimento que se mostrou a pior cobertura, trazendo um maior estresse térmico a edificação.

Faria *et al.* (2021) também utilizando simulação computacional através do software Energy Plus, comparou o uso da telha termoacústica com a telha de ACM (aluminum composite material), buscando-se atender as exigências da NBR 15.575 de desempenho de edificações habitacionais e a NBR 15.220 de desempenho térmico de edificações. Observou-se que a diferença na coloração das telhas para cor branca, trouxe melhor desempenho térmico apenas para a telha de ACM, enquanto que na termoacústica não trouxe diferenças. Já em relação as oscilações da temperatura para o interior da edificação, têm-se as telhas termoacústicas como a melhor opção, devido a sua melhor capacidade de isolamento térmico.

Cabe evidenciar o trabalho de Valadares (2015), que analisou a influência de pintura na face externa da telha de amianto sobre o conforto térmico em uma granja em Diamantina – MG, utilizando-se de dois galpões, um deles com a face externa pintada de branco e outro sem a

pintura, alternando a coleta de dados em horários distintos ao longo de 22 dias. Ele observou que a temperatura em horários de pico de calor (12h e 15h) foi reduzida em aproximadamente 18% no telhado pintado em branco. Foram observadas melhorias em relação a alimentação e maior eficácia de produção das aves, gerando uma efetividade econômica.

Araújo (2011) avaliou a eficiência do uso da pintura branca na parte externa do telhado combinado com o uso de ventilação artificial em protótipo de galpão para criação de frangos. Percebeu-se que, com o uso da pintura reflexiva sobre o telhado houve uma diferença significativa na umidade relativa (66,88%) quando comparado aos tratamentos sem pintura reflexiva (65,70%). Foi constatado também uma diferença significativa para Tgn, Tbs e UR (efeito principal) sendo verificados menores valores de Tgn e Tbs e maior UR no ambiente com pintura. Sendo assim, percebe-se que a pintura da face externa das telhas pode influenciar a condição térmica das edificações, provendo uma condição de conforto ambiental favorável aos usuários.

Scarelli (2017) analisou o fluxo de calor de um mesmo modelo de telha termoacústica, TP-40, porém com núcleos isolantes diferentes, uma com EPS e a outra com PIR, que revestiam a cobertura de dois edifícios na cidade de Campo Mourão-PR (Figura 2). A coleta de dados foi realizada no mês de outubro, com o auxílio de termômetro e termopares. Foi observado que o PIR apresentou um melhor isolamento em relação ao EPS, variando de 30% quando temperatura na face superior estava próxima a 60°C e em torno de 20% para temperaturas entre 40°C e 60°, evidenciando o melhor isolamento do PIR.

Figura 2 - Análise do fluxo de calor de um mesmo modelo de telha termoacústica, TP-40, com núcleos isolantes diferentes, uma com EPS e a outra com PIR, que revestiam a cobertura de dois edifícios na cidade de Campo Mourão-PR.



Fonte: Scarelli (2017).

Destaca-se também alguns trabalhos com outros tipos de telhas que comumente são utilizadas nas edificações. A exemplo de Jacomé *et al.* (2007), que realizou um estudo sobre o conforto térmico proporcionado a galinhas poedeiras quando utilizado um galpão com cobertura em telhas cerâmica em comparação a um galpão coberto com telhas de cimento amianto, analisando o índice de globo negro (ITGU), carga térmica de radiação (CTR) e umidade relativa do ar (UR). Observou-se que houve um melhor conforto térmico da cobertura com telha de cerâmica, porém, foi considerado desconfortáveis para esse tipo de aves de acordo com a literatura.

Enquanto Santos *et al.* (2001) analisou o comportamento de uma cobertura composta por telhas de alumínio e de cerâmica, de modo a verificar o conforto térmico que as mesmas poderiam proporcionar durante o inverno. Foi analisado CTR, ITGU e temperatura de globo negro em diferentes horários ao longo dos dias do mês de agosto e início de setembro no ano 2000. Verificou-se que nenhuma das coberturas conseguiu proporcionar conforto térmico nos horários de frio mais intenso.

Oliveira *et al.* (2005) analisou o conforto térmico para ovinos com a utilização de coberturas com telhas de cerâmica e telhas de fibrocimento. Foram captados dados de índices ambientais, fisiológicos e índices produtivos na cidade de São João do Cariri-PB durante agosto e outubro de 2003. Foi observado que não houve diferença significativas entre os tipos de coberturas, o que garantiu aos animais um bom conforto, tendo índices satisfatórios de produção.

3.2 Orçamento

Na Tabela 1 são apresentados os valores de diferentes materiais de cobertura, é possível notar que a variação de preço entre as revendas ficou próximo a 10%. Em relação as telhas termoacústicas, percebe-se que a fornecida pela Kingspan possui um material isolante termicamente superior, o PIR (Poliisocianurato), enquanto nos demais fornecedores o material é o EPS (Poliestireno Expandido). O PIR possui uma condutividade térmica de 0,016Kcal/m.h.°C e o EPS de 0,026Kcal/m.h.°C (TERMOVALE, 2022).

Tabela 1- valores de diferentes materiais de cobertura.

Telhas Termoacústicas			
Empresas/Revendedores	Material isolante	Comprimento (m)	Valor unitário (R\$)
Kingspan	PIR	3	399,96
Rei do Minério	EPS	3	362,00
Fast Drywall e Steel frame	EPS	3	375,00
Ananda Metais	EPS	3	366,00
Telhas Metálicas			
Fabricantes/Revendedores	Características	Comprimento (m)	Valor unitário (R\$)
Leroy Merlin	Aço Galvalume trapezoidal TP-40	3	218,90
Obramax	Aço Galvalume trapezoidal TP-40	3	186,11
Telhas Cerâmicas			
Fabricante/Revendedores	Características	Dimensões (cm)	Valor unitário (R\$)
Leroy Merlin	Cerâmica resinada	40 x 23,3	1,82
Sodimac	Cerâmica resinada	40 x 23,6	1,74
Telhas de Fibrocimento			
Fabricante/Revendedores	Características	Dimensões C x L (m)	Valor unitário (R\$)
Leroy Merlin	Fibrocimento ondulada 5mm	2,44 x 1,10	55,90
Sodimac	Fibrocimento ondulada 5mm	2,44 x 1,10	52,90

Onde, PIR: Poliisocianurato; EPS: Poliestireno Expandido; C: comprimento e L: largura.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Percebe-se que a telha cerâmica possui um valor baixo de aquisição, sendo de R\$ 18,43/m², porém, o que torna essa cobertura mais onerosa é o gasto na estrutura de sustentação por necessitar de mais ripas, uma vez que é necessário um espaçamento menor entre elas (LOGSDON, 2002). Por outro lado, a telha de fibrocimento continua sendo a opção de cobertura mais em conta no mercado, com valor de R\$19,71/m². O menor valor da telha sanduiche é em torno de R\$ 120,67/m² e a telha metálica de R\$ 62,04/m².

Ressalta-se que, mesmo com a disseminação das telhas termoacústicas nas obras, esse tipo de cobertura ainda possui um custo de aquisição relativamente alto quando comparada com outros materiais de vedação. Matias (2001) evidencia que a cobertura é o elemento construtivo mais afetado pela radiação solar, por isso é importante levar em conta os aspectos de conforto térmico para tomada de decisão na compra, uma vez que esse valor investido tem seu retorno a longo prazo com a redução de custos de energia elétrica para manutenção da temperatura em estado de conforto com aparelhos elétricos.

Na Tabela 2 são informados os valores das coberturas mais usuais com base nos dados do SINAPI. Estes valores são encontrados no site da Caixa e balizam os valores comumente

usados em obras financiadas. Foi levantado os valores do telhamento cerâmico, telha ondulada de fibrocimento, telha de alumínio e a telha termoacústica por metro quadrado.

Tabela 2 - Composição de preço telhamento sintético SINAPI ref. 02/2022.

Descrição da composição	Custo Total (R\$)/m²
Telhamento com telha cerâmica de encaixe, tipo romana, com até 2 águas, incluso transporte vertical	34,82
Telhamento com telha ondulada de fibrocimento e = 6 mm, com recobrimento lateral de 1/4 de onda para telhado com inclinação maior que 10°, com até 2 águas, incluso içamento	40,09
Telhamento com telha de aço/alumínio e = 0,5 mm, com até 2 águas, incluso içamento	73,99
Telhamento com telha metálica termoacústica e = 30 mm, com até 2 águas, incluso içamento	212,94

Fonte: adaptado de SINAPI (2022).

Constata-se que a telha termoacústica ainda está longe de ser uma das primeiras escolhas no momento das compras para obras, se tratando de custos, pois a mesma quando comparada com as telhas cerâmicas possui uma diferença de R\$ 178,12/m². Mesmo com a diferença de preço na estrutura de sustentação, o valor dessas coberturas ainda é muito discrepante quando comparada com outros materiais de cobertura mais convencionais como a telha cerâmica (GUERRA, 2010).

A Tabela 3 refere-se as composições de duas tipologias de madeiramento para colocação das telhas, sendo o tipo 1: para as telhas metálicas, de fibrocimento, plásticas ou termoacústicas, enquanto o tipo 2: levando em conta as telhas cerâmicas ou de concreto. A composição do preço leva em conta a utilização de estrutura de madeira não aparelhada e para telhados de até duas águas. Percebe-se que o valor da fabricação e instalação por metro quadrado de uma cobertura em cerâmica fica em torno de 30,6 % mais caro quando comparado com a estrutura executada para receber telhas de fibrocimento, metálica, plásticas ou termoacústicas.

Tabela 3- Composição de preço madeiramento sintética SINAPI ref. 02/2022.

Tipos	Descrição da composição	Custo Total (R\$/m²)
1	Fabricação e instalação de estrutura pontaletada de madeira não aparelhada para telhados com até 2 águas e para telha ondulada de fibrocimento, metálica, plástica ou termoacústica, incluso transporte vertical	36,21
2	Fabricação e instalação de estrutura pontaletada de madeira não aparelhada para telhados com até 2 águas e para telha cerâmica ou de concreto, incluso transporte vertical	52,19

Fonte: adaptado de SINAPI (2022).

A diferença de custos se dá pela maior utilização de peças de madeira para a cobertura em telhado cerâmico (LOGSDON, 2002), o que aumenta o consumo de madeiras e mão de obra. Foi utilizada a composição orçamentária que abrangesse telhados de até 2 águas para englobar a maior parte das residências executadas no Brasil, principalmente as que utilizam de financiamento da Caixa, sendo elas a maioria de baixo/médio padrão (MORAES, 2017). Para telhados com maior número de águas a aplicação é a mesma, elevando tanto o preço para telhados que receberão telhas termoacústicas, quanto os telhados que receberão telhas cerâmicas e mantendo a proporção da diferença entre os valores como já mencionado.

Ressalta-se o trabalho de Sillos (2020), que com o intuito de substituir a cobertura de um galpão com telhas de fibrocimento por telhas termoacústicas orçou os custos para a substituição, sendo eles: mão de obra, equipamento de proteção, telha termoacústica, destinação da telha de fibrocimento, além de um adicional de 15% para demais custos. Diante dos valores levantados, o custo das telhas termoacústicas representou 62,47% do gasto total, indicando um alto valor de aquisição quando comparado a outras opções existentes no mercado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o levantamento bibliográfico, foi possível observar que as telhas termoacústicas são coberturas relativamente recentes em relação as mais comercializadas, influenciando o baixo número de publicações relacionadas as mesmas. Porém, constatou-se que elas são caracterizadas por uma maior eficiência no isolamento térmico e acústico com sua utilização em edificações residenciais ou comerciais, quando comparada com os demais sistemas convencionais de coberturas, garantindo uma maior qualidade de vida por meio do conforto ambiental proporcionado a seus ocupantes.

Com a realização do orçamento, verificou-se que os preços das telhas termoacústicas praticados pelo mercado na região de São Paulo - SP ainda são altos quando comparados a outros sistemas de cobertura, porém, levando em conta a redução de custos na estrutura de sustentação e a diminuição do consumo energético para manter uma temperatura confortável para os indivíduos no interior da edificação, o uso dessa telha se mostrou economicamente viável a médio/longo prazo. Portanto, ressalta-se a necessidade de novas pesquisas com as telhas termoacústicas, que visem analisar suas características, viabilidade financeira, bem como seu desempenho em condições térmicas e acústicas variadas, de forma a subsidiar a sua utilização com conforto e segurança para seus usuários.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-5: 2013 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16373: 2015 - Telhas e Painéis Termoacústico - Requisitos de desempenho, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Siderurgia**, 2015.

ANDRADE, B. F. **Padrões normativos, ensaios experimentais e análise da performance acústica de telhas sanduiche**. 2016. 107 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria - RS, 2016.

ARAÚJO, M. A. G. **Efeito do manejo de cobertura e ventilação Artificial sobre índices de conforto térmico e Desempenho de aves de corte**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Câmpus Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO, 2011.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. Brasília: CAIXA, 2022. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648. Acesso em: 13 abr. 2022.

CALDEIRA, D.; SPOSTO, R.; CALDAS, L. Avaliação do ciclo de vida energético de telha termoacústica com poliestireno expandido e telha cerâmica tipo plan em edificação unifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

CARVALHO, A. R.; RUBIM, D. F.; NUNES, V. D. L.; HIPPERT, M. A. S. NBR 15575, ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 55-70, 2020.

CATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2006. p. 4205-4216, 2006.

FARIA, M. A.; DE SOUZA, H. A.; FERREIRA, F. M. C. Evaluation of the Thermal Performance in External Vertical Enclosures Constituted of Metal Panels. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 15, p. 520-528, 2021.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda fácil, 2005.

GALINDO, A. S. **Eficiência Energética de Telhados no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2015. Recife - PE, 2015.

GARCIA, A. R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 121-130, 2013.

GUERRA, J.; MAGALHÃES, B.; GOMES, M.; & FONSECA, R. **Materiais de construção II: coberturas**. São Paulo, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 20 mai. 2022.

JÁCOME, I. M.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H.; MOURA, J. F. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 527-531, 2007.

KINGSPAN. **Estudo de caso PIR x EPS**, 2022. Disponível em: <https://kingspan-isoeeste.com.br/wp-content/uploads/2019/02/EPS-X-PIR.pdf>. Acesso em: 26 abr. de 2022.

LOGSDON, N. B. Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá - MT, 2002.

LOSEKANN, R. G. C. B.; MOURÃO, H. C. Desafios do teletrabalho na pandemia Covid-19: quando o home vira office. **Caderno de Administração**, v. 28, p. 71-75, 2020.

MATIAS, L. **Avaliação do Desempenho Térmico de Proteções Reflectantes aplicadas em Coberturas Inclinadas**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2001.

MORAES, B. L. A. **Análise comparativa de custo dos principais modelos de coberturas utilizados nos últimos 5 anos em um loteamento na cidade de Mamborê-PR**. 2017. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

OLIVEIRA, F. M.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W.; MEDEIROS, A. N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 631-635, 2005.

RIBEIRO, K. F. A. **CALIBRAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PET (TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE) EM ESPAÇOS ABERTOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**. 2019. 106 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2019.
RUAS, A. C. **Conforto térmico no ambiente de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1999.

SANTOS, R. C.; TINÔCO, I. D. F.; PAULO, M. O. D.; CORDEIRO, M. B.; SILVA, J. N. D. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 142-146, 2002.

SCARELLI, V. D. **Avaliação comparativa da eficiência térmica de núcleos isolantes de telhas termoacústicas em edificações na região de Campo Mourão-PR**. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v. 51, p. 1-7, 1994.

SILLOS, R. C. **Descrição do processo de substituição e descarte de telhas de cimento-amianto de um pavilhão industrial na região metropolitana de São Paulo**. 2020. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2020.

SILVA, B. M. **Desempenho de telhas termoacústica em galpões em escala reduzida para galinhas poedeiras**. 2021. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2021.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.

TERMOVALE. **Telhas termoacústicas (telha sanduíche) com EPS, PU ou PIR?**. Disponível em: <https://www.termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/telhas-termoacusticas-telha-sanduiche-com-eps-pu-ou-pir>. Acesso em: 11 de mai. 2022.

VALADARES, L. R. **Avaliação do conforto térmico em uma granja comercial de frangos de corte com e sem pintura de telhado**. 2015. 45f. Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2015.

VIEIRA, C. **Conforto Térmico na Reprodução de Bubalinos Criados em Condições Tropicais**. São Carlos - SP, 2008.

WHO - World Health Organization. Mental health and psychosocial considerations during the COVID-19 outbreak, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail/mental-health-andpsychosocial-considerations-during-the-covid-19-outbreak>. Acesso em 07 mai. 2022.

ZANELLA, R. V. **Análise da influência do tipo de telha no desempenho térmico da edificação utilizando simulação computacional**. 2019. 33 if. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. Porto Alegre - RS, 2019.