



ANÁLISE TÉRMICA COMPARATIVA ENTRE UMA CASA CONVENCIONAL E UMA CASA COM VENTILAÇÃO NATURAL

Fábio Luís Figueiredo Fernandes¹ Hiago Henrique Alves Matias² Izadora Raimundo Mota³ Tamires Miranda da Silva Corrêa⁴ Thamires de Cássia Silva⁵

Resumo

Objetivo: O ser humano vem sentindo os efeitos do aquecimento global e das conseqüentes altas temperaturas, sendo necessário buscar novas formas de ventilação. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo a fim de propor uma solução sustentável para melhorar a temperatura interna residencial.

Metodologia: Comparar a temperatura interna de uma casa padrão, com uma casa de ventilação não convencional que foi proposta no protótipo, com o objetivo de verificar sua eficiência. Para isso, foram realizadas análises estatísticas por meio de dados das medições feitas nos dois protótipos, que ocorreram em horários distintos (14h e 18h) durante o período de 51 dias.

Relevância: A ventilação natural implica um método sustentável, constituído pelo fluxo natural do ar, proporcionando ao ambiente uma sensação mais agradável, o que se torna bastante relevante para a qualidade de vida do ser humano.

Resultados: Por meio da comparação da média de temperatura interna entre eles, foi possível constatar que a média de o calor interno da casa padrão foi significativamente maior do que a casa com ventilação não convencional, considerando o período de calor. Analisaram-se fatores como o clima, a umidade, o período (horário) e a janela inserida no protótipo, os quais influenciaram na temperatura do ambiente.

Conclusão: A principal conclusão do trabalho se dá pelo fato de que o protótipo proposto proporcionou uma redução na temperatura utilizando de métodos naturais, e, por conseguinte, uma possível redução no consumo de energia elétrica, contribuindo para um mundo mais sustentável.

Palavras-chaves: ventilação, saúde, janela, sustentável, clima.

Cite como - American Psychological Association (APA)

Fernandes, F. L. F., Matias, H. H. A., Mota, I. R., Corrêa, T. M. S., & Silva, T. C. (Edição Especial, 2023). Análise térmica comparativa entre uma casa convencional e uma casa com ventilação natural. *J. Environ. Manag. & Sust.*, 12(2), 1-22, e23157. <https://doi.org/10.5585/2023.23157>

Editores Convidados da Edição Especial - Mudanças climáticas e planejamento urbano: cenários e desafios

Profa. Dra. Tatiana Tucunduva Philippi Cortese
Prof. Dr. Juarês José Aumond
Profa. Dra. Débora Sotto

¹ Fepi - Centro Universitário de Itajubá. Itajubá (MG) – Brasil. **Contato principal para correspondência.**

² Fepi - Centro Universitário de Itajubá / Itajubá (MG) – Brasil. Aluno de Engenharia Civil

³ Fepi - Centro Universitário de Itajubá / Santa Rita do Sapucaí (MG) – Brasil. Aluno de Engenharia Civil

⁴ Fepi - Centro Universitário de Itajubá / Brasópolis (MG) – Brasil. Aluno de Engenharia Civil

⁵ Fepi - Centro Universitário de Itajubá / Santa Rita do Sapucaí (MG) – Brasil. Aluno de Engenharia Civil





COMPARATIVE THERMAL ANALYSIS BETWEEN A CONVENTIONAL HOUSE AND A HOUSE WITH NATURAL VENTILATION

Resume

Objective: Currently, human beings are feeling the effects of global warming and high temperatures, and it is necessary to seek new forms of ventilation. This work aims to develop a prototype in order to propose a sustainable solution to improve the residential indoor temperature.

Methodology: To compare the internal temperature of a standard house, with an unconventional ventilation house that was proposed in the prototype, in order to verify its efficiency. For this, statistical analyzes were carried out through the data of the measurements carried out in the two prototypes, which occurred at different times (14:00 and 18:00) during the period of 51 days.

Relevance: Natural ventilation implies a sustainable method constituted by the natural flow of air providing the environment with a more pleasant sensation, being very relevant to the quality of life of the human being.

Results: By comparing the average internal temperature between them, it was possible to verify that the average internal temperature of the standard house was significantly higher than the house with unconventional ventilation, considering the heat period. It analyzed that factors such as climate, humidity, period (time) and the window inserted in the prototype, influenced the temperature of the environment.

Conclusion: The main conclusion of the work is given by the fact that the proposed prototype provided a reduction in temperature using natural methods, and consequently a possible reduction in electricity consumption contributing to a more sustainable world.

Keywords: ventilation, health, window, sustainable, climate.

ANÁLISIS TÉRMICO COMPARATIVO ENTRE UNA VIVIENDA CONVENCIONAL Y UNA VIVIENDA CON VENTILACIÓN NATURAL

Resumen

Objetivo: Actualmente, el ser humano está sintiendo los efectos del calentamiento global y las altas temperaturas, y es necesario buscar nuevas formas de ventilación. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un prototipo con el fin de proponer una solución sostenible para mejorar la temperatura interior residencial.

Metodología: Comparar la temperatura interna de una casa estándar, con una casa de ventilación no convencional propuesta en el prototipo, con el fin de verificar su eficiencia. Para ello se realizaron análisis estadísticos a través de los datos de las mediciones realizadas en los dos prototipos, las cuales ocurrieron en diferentes horarios (14:00 y 18:00) durante el lapso de 51 días.

Relevancia: La ventilación natural implica un método sustentable constituido por el flujo natural de aire proporcionando al ambiente una sensación más agradable, siendo muy relevante para la calidad de vida del ser humano.

Resultados: Al comparar la temperatura interna promedio entre ellas, fue posible verificar que la temperatura interna promedio de la casa estándar fue significativamente mayor que la casa con ventilación no convencional, considerando el período de calor. Se analizó que factores como el clima, la humedad, el período (tiempo) y la ventana insertada en el prototipo, influían en la temperatura del ambiente.

Conclusión: La principal conclusión del trabajo está dada por el hecho de que el prototipo propuesto proporcionó una reducción de la temperatura por métodos naturales, y consecuentemente una posible reducción del consumo de energía eléctrica contribuyendo a un mundo más sustentable.

Palabras clave: ventilación, salud, ventana, sostenible, clima.



Introdução

O mundo vem sofrendo grandes mudanças climáticas, seja por influência de fenômenos naturais ou por influência do homem (Cortese & Natalini, 2014). As atividades realizadas pelo indivíduo, como queimadas, proporcionam temperaturas mais elevadas, além de aumento nos gases atmosféricos, gerando o efeito estufa, o qual, por sua vez, gera o aquecimento global (Cortese & Natalini, 2014). Como forma de minimizar o calor, utilizam-se ventiladores e ares-condicionados, proporcionando, dessa forma, um ambiente mais agradável, porém o uso desses aparelhos requer um alto consumo de eletricidade.

Com a crescente utilização da energia elétrica, a dificuldade para fornecê-la ficou mais difícil (Altoé et al., 2017); desse modo, o aumento no consumo de energia elétrica passou a ser mais frequente, assim como aumentou a emissão de gás de efeito estufa, evidenciando um grave problema no sistema de geração de energia elétrica. A crise elétrica brasileira de 2001 afetou o setor econômico, político e social, fortalecendo a privatização do setor elétrico brasileiro. Um dos fatores que acarretaram a crise implicava a escassez de chuvas, fazendo com que o nível de água das usinas hidrelétricas estivesse baixo, havia um atraso nas obras de transmissão e geração de energia.

Ainda Segundo Altoé et al. (2017), devido à falta de eletricidade, o governo federal precisou de tomar medidas drásticas para que serviços essenciais, como hospitais, delegacias, entre outros, tivessem energia para funcionar. Para isso, foram determinados *blackouts* programados durante o período de nove meses para evitar sobrecarga no sistema. Ainda propuseram que residências e empresas deveriam trocar lâmpadas e alguns equipamentos com a finalidade de que houvesse menor consumo de eletricidade com a utilização desses dispositivos. Ademais, ficou proibida a realização de eventos noturnos, como shows, parques, circos, assim como foi suspensa a iluminação pública. Analisando os acontecimentos decorrentes desse período, torna-se evidente a falta de planejamento e de investimento no setor energético brasileiro.

Outro acontecimento que evidenciava uma sobrecarga no sistema foi o *blackout* ocorrido no interior de São Paulo em 1999. O evento, conhecido como Apagão de 1999, ocorreu em 11 de março daquele ano e afetou várias cidades no estado de São Paulo, principalmente, na região Noroeste. Uma das principais causas foi a falta de manutenção adequada em alguns componentes da rede elétrica, o que remete à deterioração na rede de transmissão (Leme, 2018). Os investimentos no setor elétrico caíram cerca de 3 a 4 bilhões de reais por ano, desde 1980 a 1998 Segundo Rosa (2002 como citado em Leme, 2018). Esses fatos demonstraram que o dinheiro investido era inferior ao alto consumo (Leme, 2018).

A busca por métodos mais adequados que aproveitem de maneira natural o ar a fim de reduzir o calor e o uso de equipamentos elétricos são uma saída para essa situação; e o



caminho a ser desenvolvido envolve estratégias arquitetônicas para que haja o aumento da circulação de ar utilizando melhor a ventilação natural, tendo, assim, uma sensação agradável (Rodrigues, 2021). Uma forma de utilizar essas técnicas construtivas vale-se da disposição de portas e janelas das edificações de forma a tornar o processo construtivo mais eficiente em relação à ventilação natural.

Com a utilização da ventilação natural, emprega-se a sustentabilidade na área da construção civil, visto que utiliza de recursos naturais, como resultado não é prejudicial ao meio ambiente (Roque & Pierri, 2018). Tal fenômeno ocorre quando o vento adentra o ambiente internamente de maneira natural, “percorrendo-o” e saindo pelas aberturas e vãos presente nas paredes. Desta maneira, a sensação térmica é mais agradável, havendo, então, uma diminuição na conta de energia elétrica, redução da temperatura e do calor interno, bem como sendo mais benéfico para a saúde (Morais, 2013). Ao realizar o projeto de uma edificação, deve-se levar em consideração a quantidade de aberturas na estrutura de tal modo que possa ocorrer uma boa ventilação natural.

Este trabalho tem como objetivo comparar a temperatura interna de uma casa habitual com uma casa com ventilação não convencional, mostrando, portanto, sua eficiência, tendo por hipótese que casas com melhor circulação de ar geram uma temperatura mais amena. No caso do protótipo, que possui uma ventilação superior e janela com inclinação que facilita a saída do ar, esperasse menor acúmulo de ar quente mais próximo ao teto da casa, pois a inclinação da janela facilitaria o processo de convecção, havendo a troca de ar quente interno com o ar frio externo.

Desse modo, empregaram-se dois protótipos, sendo um deles referente a uma casa habitual, em que possui apenas uma janela comum, e outro, em que, além da janela comum, possui duas janelas na sua parte superior, com abertura menor que a normal, e inclinação contrária à do tipo Maxim ar, permitindo, então, a saída de ar quente e a entrada de ar frio.

A coleta de seus dados primários e quantitativos acontece por meio da leitura de um termômetro digital, realizada duas vezes ao dia, às 14h e às 18h. Ao final, foi comparada a média da temperatura pelo teste “t de Student”, considerando seu desvio padrão, variância, coeficiente de variação e fazendo a comparação de ambos. Desse modo, espera-se que, ao realizar esse experimento, haja uma melhoria na circulação interna do ar e ocorra a renovação constante deste de forma mais eficaz, oferecendo um ambiente mais saudável, reduzindo, assim, a utilização de ar-condicionado e ventiladores. A experiência realizada intensifica a uma pesquisa com abordagem quantitativa de natureza aplicada com estatística descritiva e exploratória e retrata um estudo experimental e transversal.



Referencial Teórico

Sustentabilidade

A sustentabilidade implica o uso consciente de recursos naturais, preservando, desse modo, a natureza de tal modo que satisfaça as condições das gerações atuais e futuras (Manhães & Araújo, 2014).

A sustentabilidade vinculada à construção civil é um marco para a geração, visto que essa área é uma das maiores consumidoras de matéria prima (Marafão, 2021). Como forma de reduzir a necessidade do uso desses recursos e dos impactos no meio ambiente, alguns aspectos construtivos estão presentes atualmente, como a utilização de tijolos ecológicos, ventilação e iluminação natural, captação da água da chuva e reutilização de materiais, Segundo Corrêa (2009 como citado em Manhães & Araújo, 2014).

Os tijolos ecológicos são compostos por um tipo de solo, cimento e água sendo que, durante sua produção, não há o processo da queima em fornos como no bloco cerâmico. Desse modo, tem-se uma redução na emissão de gases poluentes que seriam emitidos na atmosfera e diminuição no descarte e desperdícios de materiais. Além disso, esse tipo de material é considerado mais resistente para obras, sendo um bom isolante acústico e térmico. Seu design possui encaixes e furos que permitem a passagem dos sistemas hidráulicos e elétricos, sem a necessidade de quebrar o tijolo. Como resultado, não acontece tanto a geração de resíduos, se comparado ao bloco cerâmico, visto que, para a passagem dos sistemas citados, passa a existir a necessidade de realizar a quebra no bloco (Fiais & Souza, 2017).

Em relação à ventilação e à iluminação natural, estas proporcionam sensação térmica e fluxo luminoso decorrente da própria natureza por meio das aberturas presente nas construções como portas e janelas. Desse modo, reduz a necessidade de utilizar equipamentos elétricos, como ares-condicionados, ventiladores ou luzes para deixar o ambiente mais confortável (Vanderlei, Gonçalves & Silva, 2019).

Por outro lado, a captação da água da chuva pode ser reutilizada em descargas, limpeza de casa, irrigação de jardins e quintais, entretanto não é indicada para uso humano. Seu sistema reduz o alto consumo do líquido e evita desperdícios (Nogueira, 2017).

Tipos de ventilação

Um fenômeno natural fundamental para o ser humano consiste na circulação de ar promovida pelo vento, o que ocorre por intermédio das diferenças de pressões atmosféricas entre duas regiões, sendo designadas no deslocamento de massas de ar e influenciadas pelos efeitos locais, como a rugosidade do solo (Silva, Gonzalez & Filho, 2011). Esse fato é muito importante para a saúde do sujeito, haja vista que uma notável ventilação consente uma



circulação satisfatória dos contaminantes do ar e viabiliza uma temperatura mais agradável (Marques, 2019).

Existem alguns princípios que estão associados à movimentação do ar, como o atrito em que o ar se direciona lentamente próximo à superfície terrestre em relação à atmosfera, a inércia em que o ar se movimenta na mesma direção sem encontrar algum obstáculo e o resultado da pressão das zonas de alta e baixa pressão. Dessa maneira, quando advém alguma alteração na rugosidade do terreno, esse fato terá um vasto impacto em sua ventilação local visto que sucede o surgimento de novos obstáculos para a passagem dos ventos predominantes; portanto, a sensação térmica no local será mais quente, Segundo Brown & Dekay (2000 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011).

A ventilação natural é um método sustentável que não causa impactos ambientais, dado que não utiliza de sistemas mecânicos. Seu princípio é baseado no fluxo natural do ar proporcionando condições aprazíveis de temperatura no ambiente e mantendo boa a qualidade do ar. Sua utilização **concede** economia de energia elétrica, redução de gases de efeito estufa e, sobretudo, um bom ar para respiração humana. Vale ressaltar que, ao empregar esse tipo de ventilação em um projeto, devem ser considerados seus aspectos projetuais, ventos locais e seu entorno (Cunha, 2010 como citado em Scherer & Masutti, 2019).

No processo de ventilação cruzada, a utilização de janelas em fachadas opostas ou adjacentes do imóvel é essencial, porquanto a diferença de pressão irá forçar a entrada e saída do fluxo de ar do ambiente; sendo assim, a posição das janelas são decisivas, pois, ao mudar a direção do vento, a circulação de ar no local é mais eficiente (Marques, 2019). Posto isso, recomenda-se que as janelas em que ocorre a entrada de ar estejam na parte de alta pressão, enquanto as janelas com saída de ar estejam localizadas em áreas de baixa pressão (Scherer & Masutti, 2019). Ao projetar uma planta aberta de casa com ventilação cruzada, deve-se atentar à questão das divisórias e barreiras, porque elas precisam estar de uma maneira que haja baixa resistência à circulação de ar (Marques, 2019). Ressalta-se que, em projetos hospitalares, não é recomendado esse processo, visto que pode haver, com o auxílio do ar, a transmissão de bactérias (Pereira, 2020).

O princípio do efeito chaminé está relacionado com o processo físico da transferência de calor, a convecção em que um fluido mais denso tende a descer e o menos denso tende a subir, provocando, portanto, fluxos de ar. Dessa maneira, o emprego de aberturas superiores no centro do projeto, como chaminés, permite que esse processo ocorra mais rapidamente, visto que o ar quente irá sair pela cobertura através de lanternins, aberturas zenitais ou exaustores eólicos (Pereira, 2020). Existem situações em que se empregam chaminés envidraçadas com vistas a aquecer seu interior com a radiação solar, acelerando esse fenômeno (Marques, 2019).



A ventilação induzida utiliza de mecanismos de indução térmica empregados no resfriamento do ar, sendo os princípios baseados na convecção, isto é, na subida de ar quente e na descida de ar frio. Logo, para que esse processo aconteça eficazmente, as aberturas são localizadas próximas ao solo com o intuito do ar fresco entrar no local empurrando, então, a massa de ar quente para cima, onde estão postas as saídas de ar no teto como o *sheds* e lanternins (Pereira, 2020).

Uma melhor sensação térmica para locais que possuem um clima árido, isto é, que têm um excesso de evaporação sobre a precipitação implica o resfriamento evaporativo, como utilizado na obra de Oscar Niemeyer em Brasília. Nessas construções, encontram-se extensos espelhos d'água ou lagos nos quais são dispostos, estrategicamente, na direção das correntes de ar, permitindo que vento passe pela água e siga com determinada porcentagem de umidade. Trazendo, assim, um ar mais fresco para esses locais (Pereira, 2020).

Sistemas construtivos voltadas a questão térmica

Os sistemas construtivos envolvem a tecnologia e o método por meio dos quais a edificação é construída, sendo que seu uso acaba afetando diretamente seu conforto térmico, custo, tempo e a aparência (Tiedt & Cordeiro, 2021).

A alvenaria de vedação ou convencional é a mais conhecida dessa área, pois nela utilizam-se tijolos cerâmicos e elementos estruturais juntamente com o concreto armado. Sua aplicabilidade consiste na separação de ambientes por meio de vigas, pilares e lajes de concreto armado (Tiedt & Cordeiro, 2021). Por se tratar de um método em que se dispensa mão de obra qualificada e especializada, ocorre o surgimento de patologias ao longo da construção, gerando, então, alto acúmulo de resíduos, criando amplo impacto ambiental (Pereira, 2018). Além disso, esse tipo de alvenaria possibilita vãos médios e grandes e possibilita mais facilmente a realização de reformas futuras ou de mudanças posteriores ao projeto (Tiedt & Cordeiro, 2021).

A alvenaria estrutural permite que a vedação do imóvel esteja com a estrutura, por meio dos blocos cerâmicos ou de concreto. Nesse tipo de método, sua mão de obra necessita ser especializada, por essa razão, existe uma redução no desperdício de materiais, não há dificuldade em executar esse método e ocorre maior agilidade. Ademais, faz-se necessário ressaltar que, durante a realização do projeto, é preciso que haja compatibilidade com os projetos elétricos e hidro-sanitário (Pereira, 2018). A definição dos vãos e as aberturas acontecem por meio da modulação dos blocos que são usados; assim as paredes não podem ser modificadas ou removidas em mudanças futuras. Ademais, é válido destacar que ocorrem algumas limitações estéticas (Tiedt & Cordeiro, 2021).

Steel Frame possui elementos estruturais com base nos perfis de aço galvanizado, sendo fechado por placas cimentícias, madeira ou drywall. Seu uso é extremamente benéfico



para o meio ambiente, uma vez que conta com baixa geração de resíduos e dispensa o uso de água, como nos outros métodos construtivos. Ademais, sua utilização implica um melhor isolamento térmico e acústico da edificação e redução no peso da estrutura, baixo custo e grandes vãos (Pereira, 2018).

No método construtivo Wood frame, sua estrutura se dá pelo manejo de madeira maciça, muitas das vezes, providas de reflorestamento, como o pinus. Adicionalmente, esse sistema possui uma maior rigidez a alguns fenômenos, como cupins e umidade, pela aplicação de chapas de OSB e pelo processo de autoclavada utilizada nas madeiras (Tiedt & Cordeiro, 2021). Seus benefícios incluem um excelente isolamento acústico e térmico, baixa geração de resíduos, baixo custo, tempo de execução rápida. Por utilizar madeiras de reflorestamento, é um método favorável à natureza. Um fator importante para o Wood frame é o fato de este requerer mão de obra especializada e contar com um número limite de pavimentos (Tiedt & Cordeiro, 2021). Acrescentemente, para a aplicabilidade do método, faz-se preciso a impermeabilização do imóvel (Pereira, 2018).

As paredes de concreto possuem estrutura maciça de concreto armado e as instalações hidráulicas e elétricas estão vinculadas ao meio; como resultado, não há necessidade de quebrar a parede, havendo, então, pouco desperdício de materiais. Ao realizar a construção da parede, emprega-se o uso de moldes metálicos ou de madeira que serão preenchidos por concreto, sendo, então, um processo in loco, sendo que as medidas variam de projeto a projeto (Pereira, 2018).

Quando existem construções de grande escala, recomenda-se esse método construtivo, tendo em vista que as formas podem ser reutilizadas, uma vez que as formas possuem um elevado custo e, reutilizando-as, há uma queda em seu valor final. Suas vantagens implicam alta resistência a grandes temperaturas, baixo desperdício de materiais e boa produtividade. Para ambientes que necessitam de um bom isolamento térmico e acústico não é recomendado esse tipo de parede, pois não satisfaz essa condição e não é possível realizar alterações e mudanças nas paredes depois de construída a edificação (Tiedt & Cordeiro, 2021).

O concreto PVC possui painéis de PVC, com medidas conforme o projeto, que são utilizados para a construção das paredes do ambiente por meio do encaixe de um painel ao outro. Logo após, é realizada a passagem dos sistemas elétricos e hidráulicos da edificação por eles; e, em seguida, emprega-se o concreto para preenchimento dos painéis. Ao utilizar esse método, consideram-se baixo desperdício de materiais na obra, local de trabalho mais limpo e organizado e apropriado isolamento acústico e térmico. Vale ressaltar que, em locais com ventos intensos, não é recomendado esse tipo de método, porquanto ele pode apresentar algumas vibrações na estrutura (E.A., 2020).

Em edificações em que emprega o container como meio construtivo, deve-se atentar



a alguns processos, como serralheria, funilaria e pintura. Ademais, construções com esse método devem possuir um laudo de habitabilidade certificando que a estrutura é segura, sem agentes químicos, biológicos e radioativos. É importante mencionar, também, a necessidade de tomar os devidos cuidados a fim de que haja um eficaz isolamento térmico e acústico, bem como a precisão de um tratamento específico para evitar ferrugem (E.A., 2020).

O hiperadobe consiste em sacos Raschel que têm malhas abertas, dispensando arame farpado entre as fiadas, já que são preenchidos com terra e, por meio da compactação realizada, de maneira manual, se estabilizam em um material seguro, precisando, por conseguinte, ter excelente nivelamento do solo. Essa técnica garante um clima local agradável e saudável dentro da residência. Seus benefícios estão relacionados à saúde do indivíduo, uma vez que as paredes absorvem e retêm de forma segura o vapor da umidade, correspondente à sua estrutura molecular, quando o nível de umidade está relativamente alto, e liberam-no quando o nível de umidade cai. Com isso, o ar do ambiente terá sua umidade entre 40% e 60%, sendo o nível mais saudável para as pessoas (Biletska, 2019).

No hiperadobe, a espessura da parede e o reboco têm cerca de 40cm, assim, a temperatura interna é mantida constante, não existindo perdas de calor da casa para o meio externo ou vice-versa, havendo, portanto, uma eficiência energética. Além disso, esse método possibilita uma economia nos custos, pois o único elemento utilizado implica terra, enquanto os métodos tradicionais carecem de concreto, utilização do bloco cerâmico ou similares, ferragens para realizar a construção das paredes. Vale destacar que o procedimento de impermeabilização é de extrema importância para esse processo, a fim de que não ocorra o contato com umidade constante. Igualmente, é necessário proteger, durante a execução da obra, as paredes da chuva. Dessa maneira, esse método é considerado uma solução para habitação de baixos impactos (Biletska, 2019).

Transferência de calor

Transferência de calor pode ser designada como as taxas de transferência de calor de um sistema ao outro, devido à diferença de temperatura entre eles (Çengel & Ghajar, 2012). Existem 3 formas de ocorrer esse processo: por condução, convecção ou radiação.

O processo de condução engloba a transferência de energia de um elemento com partículas mais energética para partículas vizinhas adjacentes com menos energia. Esse fenômeno acontece nos 3 estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso); e, para que isso seja possível, uma condição precisa ser seguida. Não pode haver o movimento de sua massa. Nos líquidos e nos gases, a condução acontece por meio das colisões e difusão das moléculas em sua movimentação aleatória. Nos sólidos, acontece devido às vibrações das moléculas em rede. Um aspecto importante nesse tipo de transferência de calor são os fatores que influenciam, sendo a geometria, espessura, tipo de material e a diferença de temperatura



em que se encontra (Çengel & Ghajar, 2012).

O processo de convecção está presente em diversas situações do dia a dia como no cozimento de um alimento, refrigeração e aquecimento de um ambiente, entre outras situações. Esses fatos envolvem a subida do ar quente e descida do ar frio, sendo um sistema cíclico. A convecção forçada consiste na indução do ar para que o fluido circule sobre um plano por meio de ventiladores, bombas; já a convecção natural corresponde ao movimento que o fluido se dá pelas forças de flutuação (Çengel & Ghajar, 2012).

A radiação térmica é proveniente da transferência de calor por meio da radiação e o seu processo acontece por ondas eletromagnéticas, prescindindo um meio material para se propagar, uma vez que a presença dele acaba dificultando sua radiação. Além disso, sua transferência engloba parte do espectro eletromagnético, compreendendo a faixa visível. Vale lembrar que as propriedades emitidas por um elemento dependem da orientação da superfície e da temperatura (Coelho, 2012).

Metodologia

O projeto consiste em uma pesquisa com abordagem quantitativa de natureza aplicada, haja vista que realiza um experimento a fim de analisar seus efeitos (Gerhardt & Silveira, 2009). Outrossim, o estudo remete à estatística descritiva a partir de tabelas e gráficos e, também, a um estudo exploratório a partir de análises estatísticas realizadas através da comparação das médias de temperatura, por meio do teste t de Student independente e unilateral com significância de 0,05.

De acordo com Santade (2014), a abordagem quantitativa realiza o emprego da quantificação na coleta e na análise dos dados, e esse procedimento deve ser objetivo, racional e pontual. Ademais, o estudo descritivo apresenta, por finalidade, descrever as particularidades de determinada situação ou, até mesmo, estabelecer a relação entre as variáveis, enquanto o estudo exploratório consiste no aprofundamento das ideias, isto é, realiza-se um levantamento bibliográfico sobre o assunto com o intuito de compreender melhor seu problema (Koche, 1997 como citado em Heerd & Leonel, 2007).

Para Jacobsen (2016), dados primários são aqueles que o próprio indivíduo coleta com o objetivo de complementar seu projeto. Desse modo, este estudo compreende esse conceito, uma vez que foram coletados dados quantitativos e qualitativos provenientes dos protótipos a fim de realizar sua análise estatística. Devido aos dados serem coletados durante o processo de pesquisa, qualifica-se, então, a um estudo transversal.

Conforme Heerd & Leonel (2007), uma pesquisa é considerada experimental quando se realiza a análise das variáveis que influenciam o elemento de estudo e seus efeitos. Além disso, é preciso determinar as maneiras de controlar tal fenômeno. Assim, é evidente a utilização desse conceito realizada neste projeto, tendo em vista que a influência dos métodos



construtivos, aquecimento global e outras situações influenciam na temperatura de um ambiente de tal modo que a utilização de sistemas elétricos e naturais é feita para amenizar a sensação térmica do local.

Para coletar os dados dos protótipos, foi necessário realizar medições provenientes de um termômetro digital LCD, da marca OHPRO, tendo precisão cerca de 1°C, faixa de medição de -50°C a 70°C, em que se mede a temperatura interna e externa dos ambientes duas vezes ao dia (14h e 18h), na cidade de Brasópolis-MG, com temperatura média do município de 19,4°C, Segundo Climate-Data (C.D., 2021).

Os dados foram obtidos durante o período de 27/08/2021 a 16/10/2021 para cada protótipo, totalizando 51 dias, conforme estipulado pelo programa GPower© 3.9.1.2, considerando uma significância de 5%, 95% de confiabilidade, poder de teste de 80% e tamanho de efeito considerado médio, obtendo a quantidade amostral de 102 dados de temperatura.

Para obtenção dos dados, foi utilizada uma amostragem intencional. Ademais, foram realizadas pesquisas em artigos científicos, bibliotecas, clima e tempo (aplicativo do celular com referência do site Wearther.com), inserindo os dados nas plataformas Microsoft Excel© 365 para tabulação e desenvolvimento das tabelas e gráficos.

Foi utilizado o programa MINITAB© 16 para aplicação do teste do modelo linear geral, que utiliza dados pareados, considerando todas as variáveis analisadas, sendo um teste de multivariáveis para verificar, a partir de regressão múltipla, teste de Análise de Variância para 3 grupos ou mais, teste de Tukey sobre duas médias; e ainda é possível verificar a influência de cada variável analisada (clima, o tipo do protótipo, o horário da coleta e a umidade relativa do ar) sobre o valor obtido de temperatura, considerando uma significância de 0,05.

Para efeito de análise de dados, foi considerada a diferença da temperatura interna subtraída da temperatura externa, de forma a analisar o ganho de temperatura interna no que diz respeito à temperatura externa; caso resultado obtido seja positivo, ou redução de temperatura interna em relação à externa, caso o resultado obtido seja negativo.

Os protótipos consistem em 2 tipos de casas (figura 1a), com dimensões 30 cm x 12 cm, feitas com madeirite de espessura 1,7 cm, representando as paredes e o telhado. No que se refere à porta, esta foi representada por palitos de picolé. Utilizou-se o isopor de 1 cm de espessura como laje (figura 1b); e; nas janelas; foi utilizado acrílico (figura 1c).

Figura 1

Vistas dos protótipos



Fonte: Elaboração Própria

O primeiro protótipo possui uma porta com dimensão 4 cm x 8 cm e uma janela 8 cm x 4 cm, havendo um buraco no canto superior esquerdo da parede, o que permite ser colocado o termômetro para executar a medição interna. Já, no Segundo, há a presença desses dois itens listados, tendo a inclusão de duas janelas (uma na parede, que contém a porta 4 cm x 8 cm, e a outra na parede, que contém a janela 8 cm x 4 cm), ambas com dimensão 27 cm x 1,5 cm, com inclinação contrária à do tipo Maxim ar. Ressalta-se que a escala utilizada foi 1:25.

Análise e discussão dos dados

Os dados coletados durante o período de 51 dias, estipulado pelo programa GPower® 3.9.1.2, foram todos inseridos e tabelados no Excel, a fim de serem analisados por meio de gráficos, cálculos matemáticos e pelo modelo linear geral em que contempla os testes ANOVA/Tukey e teste T de Student independente e unilateral, levando em conta todas as variáveis do estudo de forma múltipla e uma significância de 0,05, sendo possível verificar se a casa com ventilação não convencional foi ou não eficiente.

Ao realizar o diagrama de caixa das temperaturas medidas nos dois protótipos e nos dois horários, conseguiu-se identificar se havia algum *outlier*, isto é, se existia algum valor fora do padrão, já que esse fato acabaria interferindo nas médias e, conseqüentemente, nas outras análises a serem efetivadas. No horário das 18h, no protótipo sem janela superior (ventilação convencional), foi evidenciado um *outlier*, sendo assim, foi descartado esse dado para que não houvesse interferência nas análises. Após excluir essa informação, foi feito, novamente, o diagrama de caixa constatando, portanto, que não havia nenhum valor fora do padrão. Vale ressaltar que os dados analisados se referem à diferença térmica entre o valor da temperatura interna menos a externa.

Sobre a distribuição dos dados, foi realizado o teste de normalidade de Ryan Joiner, em que se permitiu determinar o valor p sendo maior que 0,05, mostrando que as amostras provêm de uma população com distribuição normal.



No teste de esfericidade, também é possível verificar que as amostras têm variâncias e covariâncias iguais.

E, verificado os pré-requisitos, foi possível aplicar o teste do modelo linear geral, considerando as variáveis de clima, umidade, período (horário) e janela, constatando-se que esses elementos implicam 52,09% na variação da temperatura.

Tabela 1

Tabela do valor da temperatura e Análise de Variância/Tukey para grupos considerando o modelo linear geral

Clima	N	Média	DP	Valor p	Gr
Sol	24	5,8	3,08	<0,0001	A
Céu limpo com poucas nuvens	18	2,7	2,29		B
Parcialmente Nublado	86	2,5	2,36		B
Nublado	74	2,2	1,40		B
Céu aberto	8	1,6	0,41		B

Fonte: Elaboração própria

A partir dos dados da tabela 1, é mostrada a quantidade de dias analisados, a média e desvio padrão (DP) da variação da temperatura obtida da temperatura interna subtraída da externa. Também é indicado o valor p do teste ANOVA, considerado no modelo linear geral, e o grupo (Gr) de diferença analisada, que mostra a significância do teste de Tukey, de forma que foi viável visualizar que o período com o clima “Sol” obteve maior diferença média de temperatura interna, diferenciando dos demais climas.

Tem-se que a temperatura interna da casa no clima sol apresenta uma média de 5,8 °C maior do que a temperatura externa, enquanto os outros climas apresentaram um aumento de temperatura variando entre 1,6°C a 2,7°C em relação à temperatura externa. Sendo assim, a diferença média de temperatura do sol acerca dos demais apresenta uma diferença significativa dos dados, Conforme verificado pelo teste ANOVA, obtendo-se o valor $p < 0,0001$, e o teste de Tukey, o qual mostra qual grupo se diferenciou do restante, podendo ser visualizado na coluna dos grupos, em que somente o sol está no grupo A, enquanto o céu limpo, com poucas nuvens, parcialmente nublado, e céu aberto estão todos no grupo B, diferenciando-se dos grupos que possuem letras diferentes, Segundo o programa MINITAB©16.



**Tabela 2***Análise da temperatura em relação ao horário (teste de Tukey)*

Horário	N	Média	DP	Valor p	Gr
14h	106	3,6	3,07	< 0,00001	A
18h	104	2,3	1,19		B

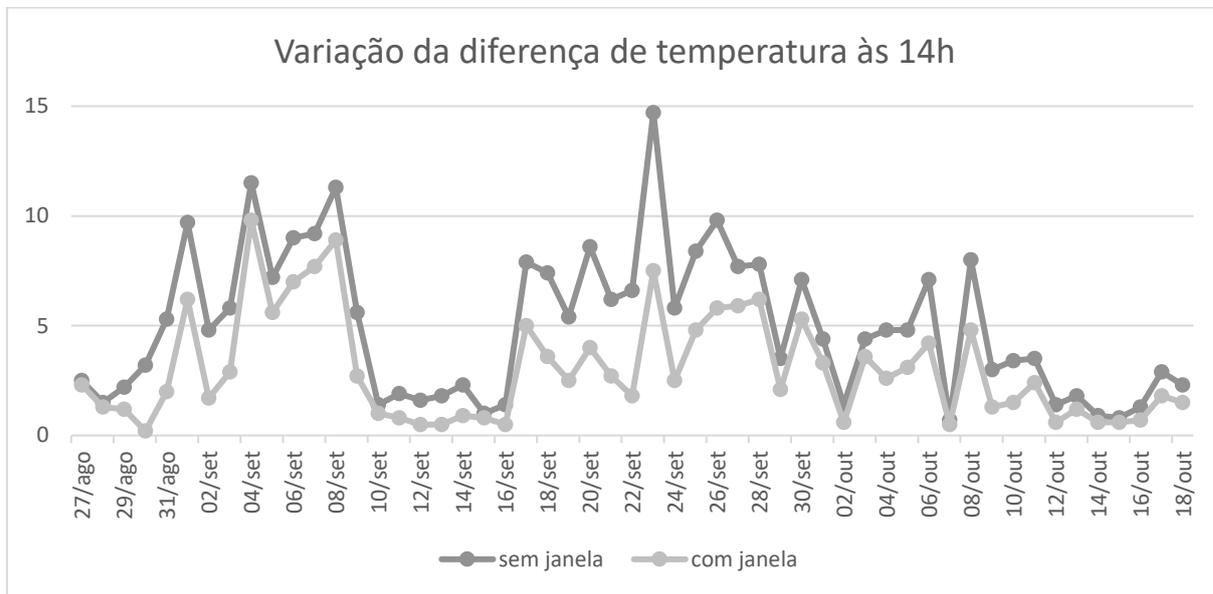
Fonte: Elaboração própria

Conforme as médias da diferença da temperatura interna no tocante à externa dos dois horários apresentados na tabela 2, verificou-se que, no horário das 14h, obteve maior diferença média de temperatura (°C), sendo assim, confere-se que a temperatura interna nesse horário é superior à das 18h. Devido às 14h ter uma diferença significativa de dados, nota-se que, na coluna de grupos, os dois horários estão em grupos diferentes, sendo que o grupo A pertence às 14h e o grupo B às 18h. Realizando a comparação da temperatura das 18h referente às 14h, notou-se que uma possui diferença máxima da outra em cerca de 0,67°C e diferença mínima cerca de 1,87°C, baseado nos valores de intervalo de confiança com 95% de confiabilidade.



Tabela 3

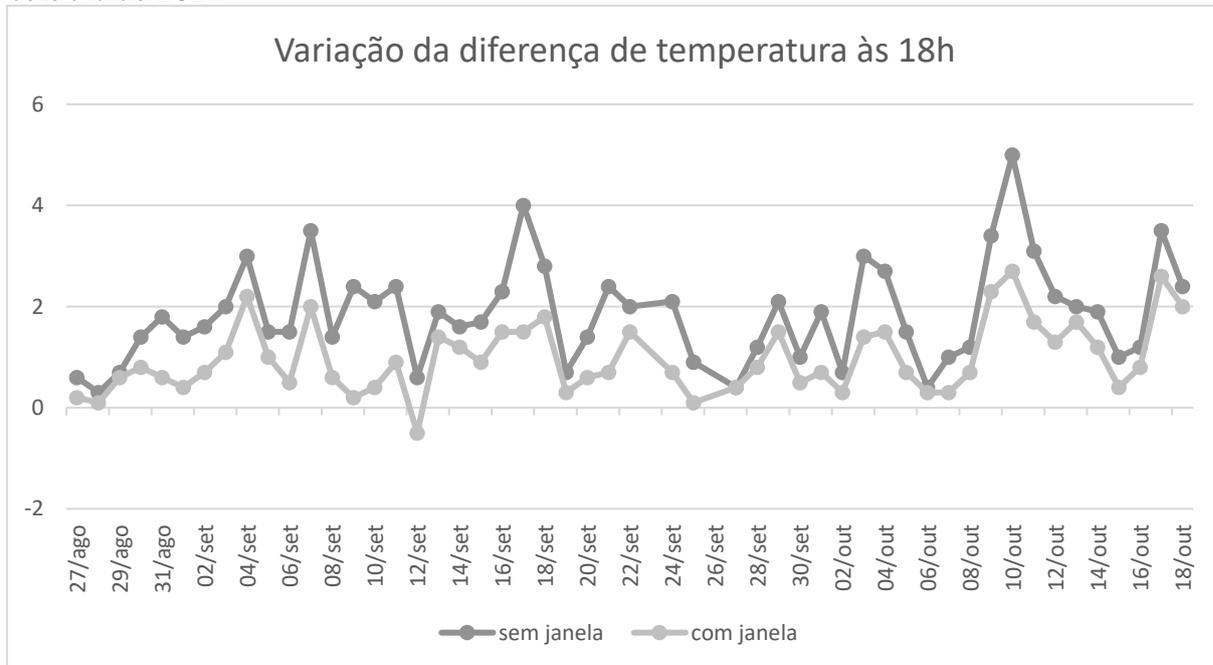
Gráfico da diferença de temperatura as 14h nos dois protótipos entre 27 de agosto a 18 de outubro de 2021



Fonte: Autoria própria

Tabela 4

Gráfico da diferença de temperatura as 18h nos dois protótipos entre 27 de agosto a 18 de outubro de 2021



Fonte: Autoria própria

Analisando os gráficos das diferenças entre temperaturas internas em relação com a externa de cada protótipo nos dois horários, é notório que a temperatura interna da casa com



janela está sempre abaixo da casa sem janela. O dia que mais houve variação entre as duas casas no período das 14h (tabela 3) foi em 23 de setembro, sendo que a casa sem janela apontou uma diferença na temperatura interna em relação à temperatura externa de 14,7°C, enquanto a com janela obteve uma diferença de temperatura de 7,5°C, evidenciando uma diferença de 7,2°C. Já, às 18h, (tabela 4), o dia em que houve uma maior variação de uma casa comparada à outra foi em 17 de setembro, em que a casa sem janela apresentou uma diferença de temperatura em 4°C, enquanto a com janela trouxe uma diferença de temperatura de 1,5°C, constituindo uma diferença de 2,5°C.

Segundo Gratia et al. (2004 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011) e Andreasi (2007 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011), a ventilação durante o dia proporciona uma sensação de resfriamento que auxilia no controle da temperatura corporal, sendo que a velocidade do ar é de, aproximadamente, 0,2 m/s para temperaturas acima de 18°C. Por meio dos gráficos mostrados nas tabelas 3 e 4, observa-se que ambas as temperaturas dos protótipos, com e sem janela, estão superiores a 18°C. Desse modo, a casa que possui janela terá uma maior circulação de ar, dado que o vento irá entrar pela janela. Assim, por ser mais denso, irá descer enquanto o ar quente irá subir, conforme o processo de convecção, de tal modo que ocorrerão o resfriamento do ambiente e o controle da temperatura corporal como citado.

Já, na casa com ventilação convencional, não acontecerá esse processo, haja vista que a sensação térmica no local será mais quente, tornando-se bastante desagradável, uma vez que o indivíduo terá a impressão de um ambiente mais abafado.

Como apontado por Gratia (2004 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011) e Andreasi (2007 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011) sobre a ventilação diurna, pode-se analisar que os horários das 14h e 18h em que ocorrem as medições referem-se durante o dia, porém suas médias são diferentes, porque, às 18h, a sensação que se tem é de possuir uma brisa. Sendo assim, a percepção de que o ambiente está mais bem ventilado nesse horário é maior se comparado às 14h.

Tabela 5

Análise da diferença de temperatura dos protótipos

Protótipos	N	Média	DP	Valor p	Gr
Sem janela	105	3,7	2,93	< 0,0001	A
Com janela	105	2,2	2,08		B

Fonte: Próprios Autores (2021)

Analisando os dados da tabela 5, foi possível avaliar, por meio da média da diferença da temperatura interna em relação à externa, que a casa que não possui janela teve uma maior média da diferença de temperatura. Dessa maneira, sua temperatura interna é



significativamente maior do que a casa com janela. Logo, ambos se encontram em grupos distintos – como se pode perceber na coluna de grupos, cada um possui uma letra diferente, evidenciando uma diferença significativa.

Silva, Gonzalez & Filho (2011) atestam que a utilização de janelas proporciona ao ambiente um melhor conforto térmico, visto que o ar adentra ao local percorrendo-o e, por meio de sua velocidade, há uma sensação de resfriamento na residência Conforme Gratia et al. (2004 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011) e Andreasi (2007 como citado em Silva, Gonzalez & Filho, 2011). Segundo as ideias dos autores, é notório, através dos dados analisados da tabela 3, que a casa com janela obteve uma menor temperatura interna devido à circulação do ar. Portanto, é perceptível que a utilização da janela foi de extrema importância para que o local estivesse com sua temperatura mais amena, podendo ser considerada bastante agradável.

Dessa maneira, é indispensável a utilização de janelas em construções residenciais, porém vale ressaltar que, ao realizar seu dimensionamento, deve-se atentar ao plano diretor do código de obras de cada cidade, uma vez que, nele, encontram-se as dimensões dos vãos de iluminação e ventilação necessárias para cada cômodo, como o Art.70 do plano diretor de Itajubá-Minas Gerais da lei complementar número 100 (2019), em que prevê os requisitos indispensáveis para os vãos de cada ambiente, estando descritos em decorrência da soma das áreas dos vãos de cada cômodo, mostrados de acordo com a fração da área do local.

Considerações Finais

O estudo realizado mostrou a eficiência de casas que possuem janelas a fim de trazer uma melhor sensação térmica no período de calor, conforme os testes estatísticos analisados, em que, por meio da média e do desvio padrão entre as casas com e sem janela, possibilitou analisar qual mantém o maior valor nesses quesitos. Além disso, a utilização de janelas permite uma boa circulação de ar, troca de calor, dissipação de agentes poluentes, sendo, extremamente, favorável para a saúde e o bem-estar do ser humano, uma vez que se utilizam de recursos naturais.

Ademais, residências que aproveitam esse método possuem uma maior economia de energia elétrica, pois não realizam o uso de eletrodomésticos como ventiladores, ar-condicionado, entre outros, para proporcionarem uma diminuição da temperatura interna. Outrossim, a redução do consumo elétrico garante uma queda no valor da conta de energia elétrica, havendo, então, uma economia financeira. Outro fator favorável implica o desperdício de recursos naturais, já que ocorre menos impacto ambiental. Por conseguinte, as chances de sobrecarga no sistema elétrico são menores, fazendo com que não ocorra um *blackout*, como aconteceu no interior de São Paulo em 1999, tampouco uma crise elétrica brasileira, como houve em 2001.





Para as casas sem janelas, a sensação térmica é mais quente em torno de 1,5°C a mais do que as casas com uma janela a mais, como proposto no projeto, considerando o tamanho do protótipo. Nessas residências, o indivíduo tem percepção de ambiente abafado, o que é prejudicial à saúde, pois, em locais desse tipo, as pessoas estão mais sujeitas a desenvolver alergias respiratórias e de pele, como asma, rinite, dermatite de contato, doenças respiratórias, porquanto o ar fica carregado de poluentes e o ambiente desenvolve mofo e odor de espaço fechado. Desse modo, existe uma grande dificuldade para o convívio humano.

Vale destacar, com base nas análises realizadas, que fatores como clima e horário, também influenciam de modo significativo na diferença de temperatura interna no que tange à externa, de forma que foi possível observar que um dia de sol pode aumentar a temperatura interna da residência em 5,8°C em média, em relação à temperatura externa, sendo um valor em média de 3,1°C maior do que o céu limpo com poucas nuvens, que é o segundo maior valor encontrado na amostra. Logo, carece-se considerar a variação do clima dentro dos projetos das edificações, também.

Outro fator encontrado que também influenciou de forma significativa o ganho de temperatura, é o horário de coleta das informações, que mostra que uma casa às 14h possui uma temperatura interna 3,6°C maior que a temperatura externa, que é um valor 1,3°C maior que o horário de 18h, considerando a mesma situação. Isso se torna relevante nos projetos residenciais, a fim de criar modelos que tenham menor perda de calor ao longo do dia, caso queira manter esse calor no período noturno, ou modelos com maior dispersão de calor, caso seja necessário, para regiões muito quentes, de forma a manter a casa com temperatura mais agradável.

Nesse sentido, destacam-se os benefícios de desenvolver os estudos em edificações relacionados à ventilação natural, de tal modo que seja possível elaborar projetos estruturais que permitam aproveitar, ao máximo, a velocidade do vento para resfriamento do ambiente, utilizando-se de janelas e aberturas para realizar tal feito. Adicionalmente, é válido mencionar que construtores e projetistas necessitam estar sempre atentos a métodos construtivos sustentáveis, visando um melhor aproveitamento dos recursos presente no meio ambiente, como o vento, com o objetivo de que haja uma boa sensação térmica, além de outros benefícios.

Referências

Altoé, L., Costa, J. M., Filho, D. O., Martinez, F. J. R., Ferrarez, A. H., Viana, L. A. (2017).

Políticas públicas de incentivo a eficiência energética. *Estudos Avançados*, 31, 285-297. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890022>



Art. 70 da Lei complementar nº 100 de 17 de dezembro de 2019. Regula a soma de área de vãos de iluminação e ventilação no município. Itajubá, MG. Recuperado de [Lei complementar nº 100 - Legislação Digital \(legislacaodigital.com.br\)](#)

Biletska, I. (2019, 01 de agosto). Hiperadobe: O que é e quais suas vantagens. *Sustent Arqui*. Recuperado em 27 de novembro de 2021, de <https://sustentarqui.com.br/hiperadobe-o-que-e-vantagens/#:~:text=O%20Hiperadobe%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica,um%20bom%20nivelamento%20do%20solo.>

Çengel, Y.A.; & Ghajar A.F. (2012). Transferência de calor e massa: Uma abordagem prática. 4. *AMGH Editora Ltda*. 17-27.

Climate-Data (2021). *Clima Brasópolis (Brasil)*. Recuperado em 01 de setembro de 2021, de <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/brazopolis-176476/>

Coelho, J.C.M. (2012). Energia e fluidos: Transferência de calor. 3. Editora Edgard Blucher Ltda. 245-249

Cortese, T.T.P.; & Natalini, G. (2014). Mudanças climáticas: do global ao local. 1. *Editora Manole Ltda*. 1-35

E.A. (2020, 20 de janeiro). Sistemas construtivos tudo o que você precisa saber. *Entendantes o mundo da construção*. p. Recuperado em 29 de setembro de 2021, de <https://entendaantes.com.br/sistemas-construtivos/>

Fiais, B. B., & de Souza, D. S. (2017). Construção sustentável com tijolo ecológico. *Revista Engenharia em Ação UniToledo*, 2(1). 94-108



Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). Métodos de pesquisa. *Plageder*.

Heerdt, M. L., & Leonel, V. (2022). Metodologia científica e da pesquisa. *Livro didático*.

Jacobsen, A.L. (2016). Metodologia científica. Santa Catarina: TCC (Graduação).

Universidade Federal de Santa Catarina. Recuperado em 1 de outubro de 2021, de <https://cursodegestaoelideranca.paginas.ufsc.br/files/2016/03/Apostila-Orienta%C3%A7%C3%A3o-ao-TCC.pdf>

Leme, A.A. (2018). O setor elétrico brasileiro entre as transformações contemporâneas: o caso da crise elétrica em 2001. *Revista de cultura política*. 8(1).

Link:https://www.researchgate.net/publication/342598907_O_SETOR_ELETRICO_BRASILEIRO_ENTRE_AS_TRANSFORMACOES_CONTEMPORANEAS_o_caso_da_crise_eletrica_em_2001_1_THE_BRAZILIAN_ELECTRIC_SECTOR_AMONG_CONTEMPORARY_TRANSFORMATIONS_the_case_of_the_electrical_crisis?enrichId=rgreq-f03dff7eb7ad5ec8626c73e4f431a7e2-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM0MjU5ODkwNzUzBUzo5MDg0NjgwMzg5MzQ1MjIjAMTU5MzYwNzA2NzUyOA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf

Manhães, G. S., & de Sousa Araújo, R. (2014). Sustentabilidade nas construções. *Humanas Sociais & Aplicadas*, 4(11).

Marafão, I. (2021). A economia circular na indústria da construção civil. *SIAU- Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo*. Link:

<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/siau/article/view/28079/16382>

Marques, L.M.B. (2019). Ventilação natural em edifícios com utilização de chaminés térmicas. Portugal: Dissertação (Mestrado). *Faculdade de ciências e tecnologia*



Universidade de Lisboa. Link:

https://run.unl.pt/bitstream/10362/89175/1/Marques_2019.pdf

Morais, J. (2013). Ventilação natural em edifícios multifamiliares do" Programa Minha Casa Minha Vida. *Campinas: Tese (Doutorada). Faculdade de Eng. Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas.*

Nogueira, D. (2017). Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. *Sustainability in Debate*, 8(3), 22-36. DOI <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v8n3.2017.26544>

Pereira, C. (2018, 31 de outubro). Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil. *Escola engenharia*.

Link: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/amp/>

Pereira, M. (2020, 12 de janeiro). Ventilação cruzada? Efeito chaminé? Entenda alguns conceitos de ventilação natural. *ArchDaily*. Link: <https://www.archdaily.com.br/br/886541/ventilacao-cruzada-efeito-chamine-entenda-alguns-conceitos-de-ventilacao-natural>

Rodrigues, M.L. (2021). Avaliação de técnicas passivas para o conforto térmico visando a racionalização do uso de sistemas de ar-condicionado em casas populares. *Guaratinguetá: Dissertação (Mestrado). Unesp- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"*.

Link: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/214011/rodrigues_ml_me_guara.pdf?sequence=3&isAllowed=y



- Roque, R. A. L., & Pierri, A. C. (2019). Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. *Research, Society and Development*, 8(2), e3482703. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i2.703>
- Santade, M. S. B. (2014). A metodologia de pesquisa: instrumentais e modos de abordagem. *A pesquisa científica como linguagem e práxis. Rio de Janeiro: Dialogarts*, 97-111.
- Scherer, P., Masutti, M. C. (2019). A eficiência da ventilação cruzada na arquitetura. *A produção do conhecimento nas Ciências Sociais Aplicadas 5. Atena editora*. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.9681926041>
- Silva, I.M, Gonzalez, L. R., Filho, D. F. da S. (2011). Recursos naturais para conforto térmico: um enfoque urbano. *REVSBAU*, 6(4), 35-50. Link: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66487/38299>
- Tiedt, A.; Cordeiro, F. (2021, 14 de março). 7 sistemas construtivos que você precisa conhecer para construir uma casa. *Homify*. Link: https://www.homify.com.br/livros_de_ideias/6075735/7-sistemas-construtivos-que-voce-precisa-conhecer-para-construir-uma-casa
- Vanderlei, P.S.; Gonçalves, R.B.; & Silva, L.C. (2019). Diretrizes para projetos arquitetônicos visando o aproveitamento da iluminação e ventilação natural em sala de aula: estudo de caso. *Brazilian Journal of Development*, 5 (9), 16426-16441. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-192>