

# CONFORTO AMBIENTAL E NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO PÚBLICO ALUGADO

Mateus Pereira de Matos Santiago<sup>1</sup> , Luiz Mariano Pereira<sup>2</sup> 

## RESUMO

A responsabilidade do setor público em aprimorar a eficiência energética de seus edifícios se relaciona com o princípio da eficiência da administração pública no Art. 37 da Constituição Federal de 1988, otimizando a aplicação dos recursos financeiros. O objetivo desta pesquisa foi comparar o conforto térmico e luminoso opinado por usuários da edificação, analisar o nível de eficiência energética da Reitoria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) e demonstrar a potencial diminuição do consumo de eletricidade após propor intervenções, observando o tempo de retorno do investimento. Esta pesquisa de levantamento utiliza um questionário sobre o conforto térmico e luminoso no edifício para realizar uma avaliação pós-ocupação, além de avaliar parâmetros por meio de medições *in loco* e simulação computacional com os *softwares* EnergyPlus e OpenStudio para a classificação do edifício. Por fim, analisa o tempo de retorno do investimento para as adequações que o tornem energeticamente mais eficiente. Os resultados indicaram o nível B de eficiência energética, devido à falta dos pré-requisitos do nível A, como descrito no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Após as sugestões para atingir o nível A, o tempo de retorno do investimento seria de 7,77 anos, porém, como o contrato entre o órgão e a proprietária do edifício permite descontar no valor do aluguel o custo de melhorias, esse tempo poderia ser reduzido para 3,37 anos.

**Palavras-chave:** Conforto térmico, Conforto luminoso, Eficiência energética, Edifício alugado, Semiárido.

## ENVIRONMENTAL COMFORT AND ENERGY EFFICIENCY LEVEL OF A RENTED PUBLIC BUILDING

### ABSTRACT

The responsibility of the public sector to improve the energy efficiency of its buildings is related to the principle of public administration efficiency in Art. 37 of 1988 Federal Constitution, optimizing the application of financial resources. The objective of this research was to compare the thermal and luminous comfort reported by building users, analyze the energy efficiency level of the Rectory of Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) and demonstrate the potential reduction of consumption of electricity after proposing interventions, observing the return-on-investment time. This survey research uses a questionnaire on thermal and luminous comfort in the building to conduct a post-occupancy assessment, in addition to evaluate parameters through on-site measurements and computer simulation with the EnergyPlus and OpenStudio softwares to classify the building. Finally, it analyzes the return-on-investment time for adjustments that make it more energy efficient. The results indicated level B of energy efficiency, due to the lack of prerequisites for level A, as outlined in the Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). After the suggestions to reach level A, the investment return would be 7.77 years, however, as the contract between the agency and the owner of the building allows deducting the cost of benefits from the rent value, this time could be reduced to 3.37 years.

**Keywords:** Thermal comfort, Light comfort, Energy efficiency, Rented building, Semi-arid.

<sup>1</sup> Instituto Federal do Sertão Pernambucano

<sup>2</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco

Autor Correspondente: Mateus Pereira de Matos Santiago

E-mail: [mateus.santic@gmail.com](mailto:mateus.santic@gmail.com)

Recebido em 15 de Maio de 2023 | Aceito em 09 de Agosto de 2024.



## 1 INTRODUÇÃO

A década de 1970 ficou marcada pela intensa preocupação com a escassez de combustíveis fósseis como a principal fonte de energia elétrica, quando se tornou imprescindível a racionalização com uso de equipamentos, automóveis e edifícios mais eficientes (MMA, 2014). Segundo Camioto, Rebelatto e Rocha (2016), um dos elementos essenciais para o desenvolvimento social e econômico é a energia elétrica, e esta deve ser sustentável, eficiente e segura, associada a abordagens econômica e ecologicamente viáveis.

O aprimoramento da eficiência energética (EE) de edifícios públicos se relaciona com o princípio da eficiência da administração pública do Art. 37 da Constituição Federal de 1988, favorecendo a otimização da aplicação do dinheiro público. Uma motivação para essa melhoria no setor se destacou quando o Decreto n. 9741/2019 e a Portaria n. 144/2019 do Ministério da Economia impuseram a toda Administração Pública Federal a restrição orçamentária, afetando o pagamento de despesas discricionárias, como o fornecimento de água e eletricidade. A diminuição no uso de aparelhos elétricos é uma das ações para colaborar com a economia energética. As construções e seus materiais influenciam na sensação de conforto, como a posição em relação ao sol e fluxos de ar, existência de proteção contra os raios solares e captura de ventilação, tipo de cobertura e das aberturas (MMA, 2014).

Diante disso, o objeto de estudo foi a sede da Reitoria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE), em um prédio antigo, alugado, com histórico de uso escolar, onde hoje trabalham servidores técnico-administrativos. A pesquisa quali-quantitativa foi realizada por meio de questionário presencial, a fim de conhecer julgamentos sobre o conforto térmico e luminoso no edifício, fazendo uma avaliação pós-ocupação, e por meio da avaliação do desempenho da construção com medições *in loco* e simulação computacional, orientada pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), além da análise do tempo de retorno do investimento (*payback*) para as adequações que o tornem energeticamente mais eficiente.

Os objetivos específicos foram: (1) estudar o clima semiárido e a carta bioclimática de Petrolina/PE para auxiliar na escolha das estratégias; (2) classificar o nível de eficiência energética atual do edifício; (3) levantar o grau de satisfação de conforto térmico e luminoso de uma amostra dos usuários do prédio; (4) propor intervenções para tornar o edifício energeticamente mais eficiente; (5) realizar estudo de custo-benefício, com base no custo das sugestões e consumo energia elétrica atual e esperado após a aplicação das propostas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com a crise mundial do petróleo na década de 1970, o uso de combustíveis fósseis como principal fonte de energia elétrica foi questionado devido aos indícios de sua escassez. Oliveira (2018) aponta que, nessa mesma época, outras questões se evidenciaram, como crescimento populacional, perda da biodiversidade, intensificação da atividade industrial, da produção de resíduos e problemas hídricos, do solo e do ar.

Além disso, Pedrini (2011) explica que mudanças de hábitos no fim do século XX foram incentivadas pelo alto custo da energia elétrica e pelo aumento do efeito estufa, resultando na conscientização por um desenvolvimento mais sustentável, entendido por Oliveira (2018) como a busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental, com redução das desigualdades sociais, sem comprometer a satisfação das necessidades das futuras gerações.

## 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A arquitetura dos edifícios pode contribuir para que se alcance um maior nível de classificação de eficiência energética equilibrado com o conforto ambiental. As etapas de concepção e projeto são essenciais para o consumo de energia elétrica durante a vida útil de uma edificação, especialmente quanto a materiais, orientação solar, localização e equipamentos (FERRADOR FILHO, AGUIAR & KNISS, 2018, p. 5). Lamberts, Dutra e Pereira (2014) ressaltam que os investimentos públicos no setor energético tendem a ser maiores quando há alta demanda, podendo ser reduzida a quantidade de possíveis projetos para outras áreas, como a saúde e a educação. Assim, nota-se que o excesso no consumo de eletricidade pode causar problemas de ordem ambiental, econômica e social, daí a sua insustentabilidade.

O desperdício de energia elétrica pode ser causado por falta de manutenção dos aparelhos. A Lei n. 13589/2018 especifica que os edifícios públicos e coletivos com climatização artificial devem ter um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) dos seus sistemas, para minimizar possíveis riscos biológicos, químicos ou físico à saúde dos frequentadores, obedecendo os parâmetros da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e da ABNT. A norma técnica ABNT NBR 16401-3:2008 ainda afirma que a manutenção dos sistemas de condicionamento de ar é imprescindível ao seu rendimento e conservação.

Com o propósito de promover o desenvolvimento nacional sustentável, em 2014, a Instrução Normativa (IN) n. 02 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão trouxe regras sobre os aparelhos elétricos a serem adquiridos pela administração pública federal e sobre a utilização da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nas edificações públicas federais novas (*greenfit*) ou reformadas (*retrofit*) (BRASIL, 2014). Essa IN determina que as construções *greenfit* devem obter o nível A da ENCE Geral de Projeto e da ENCE Geral da Edificação Construída. Já as obras de *retrofit* devem alcançar o nível A da ENCE Parcial da Edificação Construída para os sistemas elétricos e de condicionamento de ar.

A avaliação para a ENCE pode ser realizada por dois métodos: o prescritivo e o de simulação computacional. O primeiro é válido apenas para os prédios artificialmente condicionados e se baseia em equações e tabelas conforme a zona bioclimática (MMA, 2014). Quando o edifício a ser classificado é naturalmente ventilado e quando há estratégias bioclimáticas de soluções passivas de condicionamento, deve ser empregado o método de simulação computacional (MMA, 2014).

É preciso esclarecer a diferença entre os conceitos de “eficiência energética” e “nível de eficiência energética”. A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia define eficiência energética como a “relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização” (ABESCO, 2023). Já o nível da eficiência energética está associado à divisão em classes de produtos, que varia do nível A (mais eficiente) até E (menos eficiente), de modo a concentrar informações a respeito da energia necessária para seu funcionamento (PBE EDIFICA, 2023).

## 2.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Uma das formas de contribuir para a sustentabilidade em um edifício é por meio da melhoria do nível de eficiência energética, com adaptação ao clima local para reduzir a necessidade de aparelhos elétricos para atingir o conforto térmico. Correa (2002) define arquitetura bioclimática como aquela que, além de ser planejada de acordo com o clima, o sol, a ventilação natural, a vegetação e a topografia, tem alta eficiência energética por poupar a energia capturada, produzida ou transformada no seu interior.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), a carta bioclimática, empregada para analisar o conforto térmico, utiliza a relação entre a temperatura de bulbo seco (TBS), de bulbo úmido (TBU), razão de umidade e a umidade relativa de alguns períodos do ano climático de referência do lugar. Com ela, podem-se definir estratégias projetuais para nove tipos de zonas bioclimáticas: aquecimento artificial, aquecimento solar passivo, inércia térmica para aquecimento, umidificação, resfriamento evaporativo, inércia térmica para resfriamento, ventilação, resfriamento artificial e zona de conforto (LAMBERTS *et al.*, 2014). Essas possibilidades ratificam o ponto de vista de Cunha, Zechmeister, Melo, Mascaró, Vasconcellos e Frandoloso (2006), que ressaltam que as condições de habitat podem ser aprimoradas antes de se apelar a sistemas tecnológicos por meio da arquitetura que considere características da região.

Encontram-se recomendações para um projeto bioclimático na norma ABNT NBR 15220-3:2005, onde há indicações sobre desempenho térmico de residências com até três pavimentos, porém ela também pode subsidiar outros projetos. A norma institui um zoneamento brasileiro formado por oito zonas conforme o clima. A partir disso, fornecem-se diretrizes para as construções, como área das aberturas para ventilação, suas proteções, tipo de paredes externas e da cobertura, além de estratégias de condicionamento térmico passivo.

Esse zoneamento encontra fundamento no diagrama psicrométrico sugerido por Givoni (MARTINS, BITTENCOURT & KRAUSE, 2012), os quais registram as propriedades da mistura entre o vapor de água e o ar seco para uma determinada altitude, em função da pressão atmosférica (BRITTO, 2010). Além de estudar as propriedades do ar úmido, a psicrometria também estuda os processos na mudança de temperatura, como a secagem, umidificação, resfriamento e aquecimento.

## 2.3 CLIMA TROPICAL SEMIÁRIDO

Localizada na mesorregião semiárida do sertão pernambucano, o objeto de estudo está localizado em Petrolina. Teixeira (2016) nota que o período de chuva é restrito a 3 ou 4 meses por ano e o índice de insolação do semiárido é grande, sendo quase todos os dias do ano ensolarados. Por sua vez, a plataforma ProjetEEE (MMA, 2021) mostra que Petrolina não tem desconforto por frio, tem 71% das horas do ano em conforto térmico e 28% em desconforto por calor (Figura 1). Assim, as estratégias bioclimáticas indicadas são resfriamento evaporativo, inércia térmica para resfriamento e ventilação natural. Além dessas, poderão ser adotados o sombreamento e a combinação das anteriores.

Figura 1 – Estratégias bioclimáticas para Petrolina



Fonte: MMA (2021)

A zona de conforto é definida por Lamberts *et al.* (2014) como aquela de umidade relativa do ar entre 20% e 80% e temperatura situada entre 18°C e 29°C nos ambientes interiores, em países em desenvolvimento. Martins *et al.* (2012) afirmam que, para Petrolina, ela correspondente a 53,9% do tempo e pode ser ampliada com a ventilação, podendo se associar a estratégias de resfriamento evaporativo e alta inércia, bem como recomendam o ar-condicionado durante 4 meses do ano. Porém, Xavier, Lamberts, Goulart e Vecchi (2011) citam alguns efeitos indesejados dos ventos em escritórios, como a movimentação de papéis sobre as mesas e a desarrumação de cabelos.

## 2.4 CONFORTO AMBIENTAL

A norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15220-1 entende conforto térmico como “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente” (ABNT, 2005a, p. 6). Dessa forma, essa sensação tem caráter subjetivo, o que torna complexa a definição de parâmetros que indiquem essa condição de modo generalizado (PBE EDIFICA, 2016).

Relacionada com a troca de calor entre o ambiente e o corpo, “a sensação de conforto térmico está diretamente relacionada ao esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico” (XAVIER *et al.*, 2011, p. 5). Assim, a presença humana contribui para o aumento da umidade relativa do ar e da temperatura no interior da edificação, devido à respiração e à troca de calor e umidade para que haja o equilíbrio térmico com o ambiente. Além disso, as características físicas do edifício, os aparelhos elétricos e a iluminação artificial influenciam na temperatura e na umidade relativa do ar dos ambientes internos.

Em edifícios de uso comercial, público e de serviço, o conforto está ligado à qualidade de vida e de execução das tarefas, já que, quanto mais desconfortável o ambiente de trabalho, maior dificuldade de concentração o trabalhador terá. Bogo, Cañellas e Odebrecht (2010) identificaram a interferência de fatores de desconforto no bem-estar das pessoas, como o surgimento de cansaço, irritabilidade, falta de concentração, estresse e depressão, o que prejudica sua produtividade e seu desempenho. Xavier *et al.* (2011) ainda citam a importância da umidade relativa do ar para a saúde, visto que valores abaixo de 20% podem desidratar e ressecar mucosas (garganta, boca e nariz), já valores acima de 70% podem dificultar a evaporação na remoção do calor na superfície da pele. Quanto ao aspecto luminoso, os níveis recomendados por normas de iluminação nos ambientes internos possibilitam a execução das atividades em condições de conforto e salubridade (PBE EDIFICA, 2016).

No método de avaliação do conforto térmico pelo Voto Médio Estimado (PMV), são consideradas seis variáveis: duas individuais (vestimenta e taxa metabólica), e quatro ambientais (temperatura média radiante, temperatura, velocidade e umidade relativa do ar). Com elas, é possível obter o PMV, que determina numa escala a satisfação pessoal do clima, variando entre +3 (muito quente), 0 (neutro) e -3 (muito frio), tendo valores aceitáveis entre -0,5 e +0,5 (SILVA, 2015). A Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD) representa os indivíduos que provavelmente estariam desconfortáveis, que devem ser menos do que 10% da população estudada.

## 3 METODOLOGIA

Tratou-se de uma pesquisa com método de argumentação dedutivo e procedimento comparativo, a fim de notar convergências, justificar possíveis divergências e verificar relações entre os aspectos comparados. Possui abordagem quali-quantitativa, com aplicação de questionários de ordem qualitativa com usuários do edifício e procedimentos experimentais de simulação computacional quantitativos, acerca das condições do nível de eficiência energética e conforto ambiental do edifício em que está sediada a Reitoria do IFSertãoPE. Os procedimentos de coleta se associam com pesquisa de levantamento e a etapa de sugestões de melhorias se assemelha a experimento, por haver manipulação de variáveis de componentes do edifício em simulação computacional.

As fontes de informação foram legislação, manuais de equipamentos, levantamento cadastral do edifício, faturas de consumo de energia elétrica, equipamentos para medições e simulação com o EnergyPlus 22.2.0. Este *software*, reconhecido pela norma ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning*) Standard 140 (MMA, 2014) e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), foi desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas. Além dele, foram utilizados o aplicativo OpenStudio 3.5.1, para dar suporte à modelagem e ao preenchimento dos dados, e o SketchUp 2022, para modelagem tridimensional do edifício.

O objeto de estudo foi a sede da Reitoria do IFSertãoPE, situado na região do semiárido brasileiro, localizado atrás da orla do Rio São Francisco (Figura 2), em Petrolina/PE. O prédio é composto de um pavimento térreo e dois pavimentos superiores, em um bloco com 2.714,97 m<sup>2</sup> construídos, que funciona das 8h às 18h, de segunda a sexta-feira. Ele foi escolhido por ser um exemplar já edificado, possibilitando a comparação entre o julgamento dos usuários sobre o conforto e a avaliação do nível atual de eficiência energética, e por estar ocupado por meio de aluguel, devido à falta de previsão de recursos destinados à construção da sede própria.

Figura 2 – Localização da Reitoria em Petrolina



Fonte: Google Maps (2022)

Com a aplicação do questionário, foi possível estudar as relações pessoa-ambiente e julgar o desempenho do ambiente construído, numa abordagem interativa e focalizada na experiência do usuário (RHEINGANTZ, AZEVEDO, BRASILEIRO, ALCANTARA & QUEIROZ, 2009). Essa etapa teve como amostragem servidores que estivessem em atividade presencial no momento da aplicação do questionário (amostra por acessibilidade) em 6 salas do edifício, escolhidas devido à sua orientação solar (amostra por seleção racional), configurando-se uma amostra não probabilística. Simultaneamente foram realizadas medições de iluminação, temperatura e umidade relativa do ar, considerando a operação dos equipamentos que normalmente são utilizados.

Na simulação, com base em Prado, Romero e Silva (2018), foram desenvolvidos dois modelos da edificação: um com as configurações atuais do prédio e outro com as estratégias sugeridas. Após essa etapa, foi analisado o tempo de retorno do investimento dessas intervenções, ponderando os consumos de eletricidade atual e esperado após as sugestões.

### 3.1 MEDIÇÕES *IN LOCO* E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

A realização das medições *in loco* e aplicação do questionário se baseou em Vergara (2001), Pimenta (2013), Silva (2015), na Norma de Higiene Ocupacional (NHO) n. 11/2018 e em Lamberts *et al.* (2011), que se fundamenta nas normas ISO 7730/2005 e ISO/DIS 7726/1998. Para obtenção dos valores de PMV e PPD e análise de conforto térmico, utilizou-se o CBE *Thermal Comfort Tool* (2023), que está em conformidade com a norma ASHRAE 55-2017 (TARTARINI, SCHIAVON, CHEUNG & HOYT, 2020), tendo como embasamento Correa, Silva, Carmo Neta, Cavalcante e Silva (2016) e de Viegas e Silva (2020).

Para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, foi adotada a metodologia recomendada pela NHO n. 06/2017, que estabelece critérios e procedimentos de avaliação da exposição ocupacional do trabalhador ao calor. A norma indica como amostragem os 60 minutos corridos correspondentes à situação térmica mais desfavorável. No histórico das temperaturas médias horárias para o ano inteiro em Petrolina, o período crítico quente no mês de janeiro se concentra entre 12h e 18h (WEATHER SPARK, 2022). Assim, durante 3 dias, duas salas eram avaliadas no período da tarde. Já a NHO n. 11/2018 dá bases para avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho. Ela considera que o ambiente laboral deve ter iluminação uniformemente distribuída e indica valores de iluminância mínima, com tolerância de 10%, não devendo a medição ponto a ponto ter valor menor que 70% da iluminância média.

As medições ocorreram no verão, nos dias 24, 25 e 26 de janeiro de 2023. Foram utilizados o medidor de *stress* térmico Criffer Protemp Job e o termo-higro-anemômetro e luxímetro digital LTLutron LM-8000A, para obtenção da temperatura de bulbo seco (TBS), de bulbo úmido (TBU), de globo (TG), umidade relativa do ar (UR), velocidade do ar (VA) e iluminância (E). Os ambientes foram avaliados nas condições da iluminação artificial, condicionamento de ar, abertura e proteção de janelas e portas em que são utilizados.

Segundo PBE EDIFICA (2016), a avaliação a partir do método da simulação computacional não descarta a possibilidade do método prescritivo. Assim sendo, foi calculado o nível de eficiência energética do edifício da Reitoria pelas duas formas.

### 3.2 MÉTODO PRESCRITIVO

O indicador de consumo (IC) é utilizado no método prescritivo para comparar o edifício numa escala numérica de níveis de classificação de desempenho, com variação entre A e E (BRASIL, 2010), de modo a prever como sua envoltória impacta no consumo de energia elétrica. Quanto menor o IC, mais eficiente será a envoltória da edificação. O sistema de iluminação é avaliado pela densidade de potência instalada (DPI). O sistema de condicionamento de ar é analisado pela etiqueta de eficiência energética dos equipamentos. A análise dos espaços naturalmente ventilados se dá pelo percentual de horas ocupadas em conforto (POC), obtido por meio da simulação computacional.

### 3.3 MÉTODO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para avaliação com este método, é necessário utilizar antes a avaliação prescritiva para determinar alguns parâmetros do modelo de referência. Após, o consumo do edifício real deve ser comparado com o de referência, com características definidas pelo RTQ-C conforme o nível de eficiência energética pretendido. Os espaços naturalmente ventilados devem ser analisados como no método anterior.

O modelo real e o de referência devem ser simulados com o mesmo programa, arquivo climático, geometria (área, volume e proporção de aberturas), orientação com relação ao norte geográfico, padrão de uso e ocupação,

densidade de carga interna de equipamentos (DCI), número de pessoas, taxa metabólica, *setpoint* de resfriamento e aquecimento e sistema de condicionamento de ar, mas o de referência deve ter o coeficiente de performance (COP) mais baixo para o nível de eficiência energética desejado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MEDIÇÕES *IN LOCO* E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

A partir da análise dos dados, observou-se que o valor do PMV na Copa e na Recepção da Reitoria aumentou com o tempo, reduzindo na última medição. A falta de ventilação natural, artificial ou de ar-condicionado fez com que a sensação nesses ambientes fosse classificada como levemente quente.

Os lugares na mesa de refeição resultaram numa iluminância superior a 200 lux, valor mínimo da NHO n. 11/2018. Entendeu-se que o ar-condicionado da Copa desligado pode ter sido determinante para que existissem pessoas não confortáveis durante o questionário. Mesmo com a ventilação natural dada pela abertura da porta e por possuir os elementos vazados na rampa próxima ao local, os dados colhidos na Recepção mostraram que a sensação no ambiente fosse classificada como quente, com mais de 50% de pessoas possivelmente insatisfeitas, sendo um local desconfortável. Foi verificado que a posição no balcão possui 225 lux de iluminância, valor 25% menor do que o valor mínimo; já a iluminância média é ainda menor, correspondendo a 43% dos 300 lux exigidos. Além disso, no fim da tarde, foi observado que a luz solar adentra no ambiente, refletindo no piso polido e causando ofuscamento em alguns pontos do local. As respostas do único funcionário que ocupava o ambiente indicaram o desconforto validado pelas análises.

As demais salas avaliadas estavam com ar-condicionado ligado no momento da medição, o que possibilitou a sensação neutra no ambiente, revelando conforto térmico. A NHO n. 11/2018 recomenda que o nível mínimo de iluminância para escritórios e para salas de reunião seja de 500 lux, mas foi verificado que a iluminância média tem valor abaixo disso. Nos questionários, nem todos disseram estar termicamente confortáveis, o que adverte a existência de pessoas em desconforto, mesmo que os dados indicassem a sensação neutra. Isto é justificável por ser uma grandeza de ordem pessoal, concordando com o que diz a norma ABNT NBR 16401-2:2008 sobre não ser possível definir condições confortáveis para 100% dos usuários.

### 4.2 MÉTODO PRESCRITIVO

Apesar de o cálculo do IC ter mostrado que o edifício seria classificado com nota A quanto à sua envoltória, seus pré-requisitos específicos foram parcialmente atendidos. Concluiu-se que a envoltória da Reitoria, pelo método prescritivo, se classifica no nível C, devido à transmitância térmica e absorvância da cobertura de telhas de fibrocimento.

A definição trazida pelo RTQ-C (BRASIL, 2010) sobre sistemas eficientes de iluminação se refere à densidade de potência instalada (DPI), porém traz pré-requisitos específicos a serem avaliados separadamente por ambiente, segundo o nível de eficiência energética que se pretende alcançar. Pelo método da área do edifício, a DPI resultou em  $3,42 \text{ W/m}^2$ , o que possibilitaria a classificação A. Calculou-se a área iluminada do prédio que cumpre o pré-requisito de contribuição da luz natural, a área dos ambientes com possibilidade de controle independente das luminárias próximas às janelas e a área dos ambientes iluminados apenas artificialmente ou que apenas há uma luminária instalada (ou seja, tal pré-requisito não se aplica). Assim, o EqNumDPI (equivalente numérico da DPI) proporcional às áreas que atendem os pré-requisitos seria 3,82, tornando o sistema de iluminação nível B.

A avaliação do RTQ-C (BRASIL, 2010) do nível de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar considera os ambientes separadamente. Todos os condicionadores de ar do edifício são do tipo *split* e avaliados pelo PBE/INMETRO. Assim, atingiu-se o nível B, com EqNumCA igual a 4,37, para esse sistema.

Apesar disso, por haver ambientes de permanência prolongada não condicionados, é necessário comprovar por meio de simulação computacional o POC (BRASIL, 2010). Utilizada pela *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) para avaliações de estresse térmico e considerações sobre o conforto humano, a métrica de resiliência térmica Índice de Calor (HI) tem relação com a temperatura e a umidade relativa do ar e pressupõe uma temperatura equivalente à sentida pelo ser humano, classificadas nos cinco níveis: seguro, cuidado, cuidado extremo, perigo e perigo extremo. Na simulação, os ambientes de permanência prolongada que obtiveram valores de “cuidado extremo” foram a Recepção e a Sala Técnica, os únicos desse tipo que não possuem condicionamento de ar. Ambos os espaços apresentaram classificação E, por terem POC menor do que 50%.

Dentre as bonificações apresentadas pelo RTQ-C (BRASIL, 2010), a única presente na Reitoria é sobre o uso de equipamento de racionalização de água: torneiras de fechamento automático. Calculou-se que sua instalação permite uma diminuição de 5,62% no consumo anual de água. Se a economia fosse de 40%, significaria 1 ponto de bonificação. Logo, essa redução expressa 0,14 ponto. Após a avaliação parcial dos três sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento do ar) e da bonificação, chegou-se à classificação geral do edifício com o valor de 4,16, o que corresponde ao nível B pelo método prescritivo (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação geral

Classificação final	PT
A	≥4,5 a 5
B	≥3,5 a <4,5
C	≥2,5 a <3,5
D	≥1,5 a <2,5
E	<1,5

Fonte: Brasil (2010)

Além disso, é necessário que o edifício atenda aos pré-requisitos gerais, que podem alterar seu nível de eficiência energética. O primeiro deles se refere à separação de circuitos elétricos por uso final para os níveis A e B. Porém, edificações cuja data de construção seja anterior a junho de 2009 estão entre as exceções a esta regra (BRASIL, 2010), o que faz com que a Reitoria não seja obrigada a atendê-la. O segundo é o de aquecimento de água para edifícios com muita demanda desse item, entretanto a água da Reitoria é apenas fria. Portanto, o nível B é mantido.

### 4.3 MÉTODO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Com os parâmetros exigidos para a modelagem do nível A, o modelo de referência apresentou um consumo anual de 189.211 kWh, enquanto o modelo real apresentou 165.047 kWh. Sendo assim, como este desempenho foi mais econômico que aquele, a classificação da Reitoria seria A, se não fosse a falta dos pré-requisitos já analisados. Isto faz com que seu nível seja C, sendo ainda adicionada a bonificação, totalizando 3,14 – nível C.

Entretanto, no caso de prédios com condicionamento de ar e ventilação natural, o equivalente numérico de ventilação (EqNumV) deve ser superior ou igual ao equivalente numérico da simulação (EqNumS). Se não for, a classificação final será o valor do EqNumV (BRASIL, 2010). Isto significa que, pelo método da simulação, o edifício atual da Reitoria do IFSertãoPE é nível E de eficiência energética, por possuir baixo POC aos usuários da Recepção e da Sala Técnica do Estúdio.

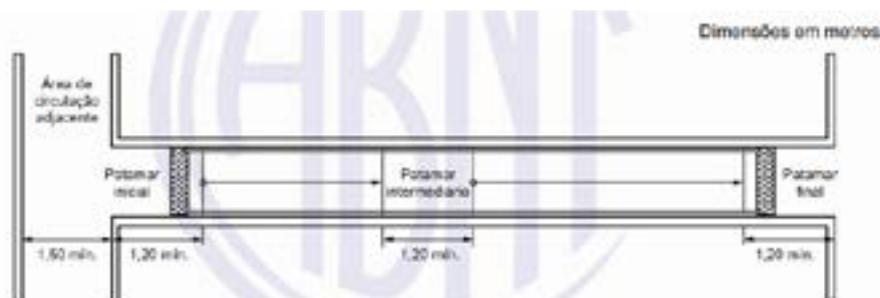
#### 4.4 SUGESTÕES PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para o cumprimento do pré-requisito da transmitância térmica da cobertura, sugere-se a aplicação de uma camada de 2 cm de poliestireno expandido (EPS) do tipo que não propaga o fogo, acima da laje dos ambientes de permanência prolongada condicionados do último pavimento. Assim, a configuração da cobertura passaria a obedecer à transmitância térmica de  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , exigida para o nível A. Quanto à absorvância solar da cobertura, as telhas de fibrocimento são escuras e escurecem mais com o tempo. Logo, recomenda-se a pintura das telhas com tinta acrílica – em ambas as faces para que não haja risco de empenamento – em cor clara, de preferência branca, favorecendo a redução de sua absorvância solar.

Para a correção do baixo POC na Recepção e na Sala Técnica do Estúdio, sugere-se a instalação de condicionadores de ar, já que a ventilação natural da primeira não garante o conforto, e na segunda não há janelas. No entanto, verificou-se na simulação do edifício atual que o Protocolo e a Procuradoria Federal contam com aparelhos com capacidade superior à necessidade desses ambientes. Assim, propõe-se instalar o equipamento de 24.000 Btu/h do Protocolo na Recepção e o de 7.000 Btu/h da Procuradoria na Sala Técnica.

Como a Recepção tem abertura para a circulação do pavimento térreo e para a rampa que dá acesso aos demais pavimentos, é necessário seu isolamento com a instalação de uma porta de vidro para circulação e de uma cortina de ar isolando-a da rampa. Esta última solução foi escolhida porque, se fosse instalada uma porta no início da rampa, precisaria haver um patamar de dimensão longitudinal mínima de 1,20 m, como ilustra a Figura 3, da norma de acessibilidade NBR 9050:2020. Porém, as dimensões da Recepção não são grandes o suficiente para obedecer a essa exigência.

Figura 3 – Patamares no início e término de rampas



Fonte: ABNT (2020)

Para corrigir o não cumprimento do pré-requisito de contribuição da luz natural em alguns ambientes, foi orçada a separação dos comandos para acionamento das lâmpadas onde há essa possibilidade. Quanto à classificação da etiqueta de eficiência energética de alguns equipamentos do sistema de ar-condicionado, optou-se por tentar manter os aparelhos para que não haja descarte de equipamentos que ainda funcionam. Sugere-se, porém que, em caso de substituição, sejam adquiridos condicionadores de nível A de eficiência energética.

Com isso, foi realizada a avaliação de eficiência pelos dois métodos, para comprovar que as mudanças levariam a edificação a obter a classificação A. Na simulação da proposta, com esses ajustes, o Protocolo e a Procuradoria permaneceriam com 100% das horas ocupadas com índice de calor “seguro”. Contudo, a Recepção e a Sala Técnica não mais apresentariam horas de calor de cuidado extremo. A pontuação obtida pelo método prescritivo foi 4,96 (com a bonificação), o que determina sua classificação final A para a ENCE. Na simulação computacional, o edifício proposto consumiria anualmente 148.168,77 kWh, uma redução de 16.878,23 kWh por ano. Já o modelo de referência nível A da proposta obteve 192.003,72 kWh de consumo anual. Isto quer dizer que o EqNumS da proposta seria igual a 5, com nível A.

Notou-se que o consumo de energia elétrica por meio das faturas do ano de 2022 (total de 232.678,41 kWh) foi maior do que o consumo indicado na simulação do edifício real (total de 165.047 kWh). Este fato pode ser justificado pela variação das rotinas dos setores, concordando com Sousa e Silva (2021), que alertam que as variáveis de comportamento humano são a maior fonte de incerteza nos resultados obtidos a partir das simulações.

#### 4.5 ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

O orçamento para as sugestões de melhorias propostas atingiu R\$ 95.856,58. Foram utilizados os preços disponíveis no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, de Pernambuco (CAIXA, 2023), no Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE (CEHOP, 2023) e no Painel de Preços do Ministério da Economia (2023). Esse valor, no entanto, não considera os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), que correspondem a impostos, despesas indiretas e remuneração do construtor aplicados aos custos dos materiais, mão de obra e equipamentos (TCU, 2014), nem o desconto concedido pela construtora ao participar da licitação.

Por existirem divergências entre o consumo relatado pela simulação e o consumo real das faturas de energia elétrica, optou-se por ponderar que, se a simulação do edifício real (165.047,00 kWh) representou 70,93% do consumo das faturas de um ano (232.678,41 kWh), então a adoção das soluções poderá representar este percentual nas faturas anuais de energia (208.883,98 kWh), com base no valor obtido pela simulação computacional das melhorias (148.168,77 kWh). Dessa forma, significaria uma economia anual de 23.794,43 kWh nas faturas.

O valor da tarifa de energia elétrica divulgada pela Neoenergia Pernambuco, em abril de 2023 para a classificação “A4 Horo-sazonal Verde” da Reitoria, foi de R\$ 0,4045/kWh para o consumo ativo fora da ponta e alíquotas de 0,72% do PIS (Programa de Integração Social) e 3,24 % do COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) e 18% do ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços), porém podem existir alterações desses valores com tempo (NEOENERGIA PERNAMBUCO, 2023). Assim, o preço considerado foi de R\$ 0,5183/kWh. Portanto, a economia anual seria de R\$ 12.332,65, sem atualização monetária, reajuste tarifários e variações no sistema de bandeiras tarifárias.

Visto isso, o tempo de retorno de investimento, isto é, o tempo para que a economia no consumo de energia elétrica compense o valor investido para obtenção do nível A eficiência energética é de 7,77 anos. A execução da adequação do imóvel para abrigar a Reitoria em 2018 incluiu serviços como reparo na cobertura de fibrocimento, instalação de portas em alguns ambientes, pintura e adequações no sistema elétrico, entre outros serviços. A mudança da sede anterior para a atual foi concluída em janeiro de 2019. Se as sugestões aqui abordadas tivessem sido feitas à época, ainda esse tempo do *payback* não teria sido atingido.

Entretanto, conforme o Contrato n. 01/2018 entre o IFSertãoPE e a Fundação Nilo Coelho, proprietária do imóvel, seria descontado do valor da locação do imóvel o montante despendido pelo Instituto referente às benfeitorias. Desse ponto de vista, o investimento seria consideravelmente reduzido, a partir da negociação entre as partes, já que a maioria das ações pode ser aproveitada para qualquer uso do edifício. Poderiam ser tidos como melhorias os serviços de assentamento das placas de EPS, instalação da porta de vidro na Recepção e correções para contribuição da luz natural. Como a pintura para ajuste da absorvância térmica da cobertura sofre com a ação das intempéries, ela não poderia ser aproveitada para os próximos usos. A instalação dos condicionadores de ar e da cortina de ar seriam responsabilidade do IFSertãoPE. Nesta linha de raciocínio, o valor do investimento chegaria a R\$ 41.610,41, e o *payback* seria de 3,37 anos, que pode ser considerado aceitável, dado que a Reitoria ocupa o edifício há 4 anos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se, com este trabalho, contribuir para a teoria por meio da aplicação dos conhecimentos gerados pela ciência básica, de forma que pudessem ser notadas limitações, dificuldades e confirmações de informações da literatura. Espera-se contribuir como um exemplo de aplicação dos métodos de avaliação do nível de eficiência energética de uma edificação, aliado a uma pesquisa de satisfação dos usuários quanto ao conforto térmico e luminoso.

Para melhorar o conforto dos usuários, algumas soluções poderiam ainda ser adotadas, mas não entraram no modelo da proposta e no orçamento. São sugeridos o plantio de arbustos ou cerca-viva próximo ao Pátio Coberto para amenizar o ofuscamento na Recepção ao fim da tarde, readequação da quantidade de luminárias nos setores ou fornecimento de luminárias de mesa para cada servidor, realização de limpeza na pintura das esquadrias de ferro para melhor vedação dos ambientes e a aquisição de persianas para controle da iluminação natural.

Embora os *softwares* permitam concluir que o edifício pode ser eficiente e confortável no aspecto térmico, é provável que haja um percentual de insatisfeitos, seja pelo ponto de vista fisiológico ou psicológico, como relatado acerca de uma das salas avaliadas *in loco*. Ademais, a avaliação de eficiência energética não contempla o conforto luminoso, embora o sistema de iluminação tenha obtido bom nível de eficiência. No caso específico da Reitoria do IFSertãoPE, verificou-se que, se estratégias de melhoria de eficiência energética tivessem sido contempladas no início do contrato de aluguel, o valor do investimento já teria sido compensado.

De todo modo, a diferença entre o valor do gasto anual obtido pelas faturas da concessionária de energia elétrica e o obtido pela simulação pode ser um alerta sobre como podem estar ocorrendo desperdícios, por necessidade de ajuste na ocupação das salas ou por falta de preocupação com os recursos do Instituto por parte de alguns frequentadores. Em suma, no exercício das rotinas e da gestão do IFSertãoPE, são cabíveis decisões e adoção de comportamentos mais favoráveis ao fortalecimento do movimento de busca por edifícios públicos mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (2023). *O que é Eficiência Energética? (EE)*. Recuperado de: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 03 maio 2023.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005a). *NBR 15220-1 – Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005b). *NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). *NBR 16401-2 – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). *NBR 16401-3 – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do ar interior*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). *NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, RJ.
- Bogo, A. J.; Cañellas, K. V.; Odebrecht, C. (2010). Avaliação das condições de conforto ambiental em ambientes de escritório em Blumenau SC. *NUTAU 2010 – 8º Seminário Internacional Arquitetura, Urbanismo, Design: produtos e mensagens para ambientes sustentáveis*. São Paulo: Editorial SUPPORT, v. 1. p. 1-11.
- Britto, J. F. B. (2010). Considerações sobre psicrometria. *Revista SBCC*, São Paulo, Ed. 45, p. 35-41.
- Caixa (2023). *Referências de preços e custos – SINAPI*. Recuperado de: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- Camioto, F. C.; Rebelatto, D. A. N.; Rocha, R. T. (2016). Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203.
- Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (2023). *Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE*. Fevereiro/2023. Recuperado de: <http://orse.cehop.se.gov.br/>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- Constituição Federal de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. (1988)
- Correa, C. B. (2002). Arquitetura bioclimática. Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural. *Drops*, São Paulo, ano 02, n. 004.07, Vitruvius.
- Correa, S. V. O.; Silva, M. M.; Carmo Neta, B. P.; Cavalcante, N. G. L.; Silva, I. C. S. (2016). Avaliação do conforto térmico em uma sala de aula. *XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, João Pessoa.
- Cunha, E. G. Zechmeister, D.; Melo, E. Q.; Mascaró, J. J.; Vasconcellos, L.; Frandoloso, M. A. L. (2006). *Elementos de Arquitetura de Climatização Natural*. Porto Alegre: Masquatro, 2 ed.
- Decreto n. 9741, de 29 de março de 2019. Altera o Decreto n. 9.711, de 15 de fevereiro de 2019, que dispõe sobre a programação orçamentária e financeira, estabelece o cronograma mensal de desembolso do Poder Executivo federal para o exercício de 2019 e dá outras providências*. Brasília, DF. (2019)

- DOE (2022). U. S. Department of Energy. *Input Output Reference – The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Version 22.2.0 Documentation*.
- Ferrador Filho, A. L.; Aguiar, A. O.; Kniess, C. T. (2018). Eficiência energética com base nos critérios PROCEL: Estudo de caso em edifício público. *Holos*, Natal, v. 7, p. 2-25.
- Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2017). *Norma de Higiene Ocupacional n. 06: procedimento técnico: avaliação da exposição ocupacional ao calor*. 2 ed. São Paulo: Ministério do Trabalho.
- Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2018). *Norma de Higiene Ocupacional n. 11: procedimento técnico: avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho*. São Paulo: Ministério do Trabalho.
- Google Maps (2022). *IFSertãoPE – Reitoria*. Recuperado de: <https://www.google.com.br/maps/place/IFSert%C3%A3oPE+-Reitoria/@-9.4022697,-40.5020136,387m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x7737042c172853b:0xa153507a52a737e5!8m2!3d-9.4021353!4d-40.5008357!5m1!1e4>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (2018). *Termo de Contrato n. 01/2018 – Processo n. 23600.002487.2017-58, Dispensa de Licitação n. 01/2018. Termo de contrato de locação de imóvel que entre si celebra o IF Sertão PE/Reitoria e a Fundação Nilo Coelho. Petrolina: Coordenação Geral de Contratos e Convênios (2018)*.
- Instrução Normativa n. 2, de 4 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit*. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (2014)
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. (2014). *Eficiência energética na arquitetura*. 3. ed., Rio de Janeiro, RJ.
- Lei n. 13589, de 04 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes*. Brasília, DF. (2018)
- Martins, T. A. L.; Bittencourt, L. S.; Krause, C. M. L. B. (2012). Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 59-75.
- Ministério do Meio Ambiente (2014). *Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura*. Brasília, DF: MMA.
- Ministério do Meio Ambiente (2021). *ProjetEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes*. Recuperado de: <http://projeteee.mma.gov.br/>. Acesso em: 06 nov. 2021.
- Neoenergia Pernambuco (2023). *Informações de Tarifa Grupo A – Comercial & Industrial*. Recuperado de: <https://servicos.neoenergiapernambuco.com.br/comercial-industrial/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-a.aspx>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- Oliveira, M. R. (2018). Algumas teorias para discutir o desenvolvimento. *Economia e Desenvolvimento*, v. 30, p. 8.
- PBE Edifica (2016). *Manual para Aplicação do RTQ-C*. Versão 4.
- PBE Edifica (2023). *O que é a etiqueta PBE Edifica?*. Recuperado de: <https://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>. Acesso em 03 maio 2023.

- Pedrini, A. (2011). *Eficiência Energética em Edificações e Equipamentos Eletromecânicos*. Procel Edifica – Eficiência Energética em Edificações. Rio de Janeiro, RJ: Eletrobras.
- Pimenta, I. G. D. (2013). *Avaliação de desempenho na Escola de Ciências Biológicas do UnilesteMG*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto].
- Portaria n. 144, de 2 de maio de 2019. Brasília, DF: Ministério da Economia/Secretaria Especial de Fazenda. (2019)
- Portaria n. 372, de 17 de setembro de 2010. Com alterações das Portarias n. 17/2012 e n. 299/2013. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior/Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. (2010)
- Prado, A. K. J. A.; Romero, M. A.; Silva, C. F. (2018). Avaliação do custo-benefício do retrofit da envoltória em um edifício público, com suporte de simulação computacional. *Paranoá (UNB)*, v. 1, p. 88-101.
- Rheingantz, P. A.; Azevedo, G. A.; Brasileiro, A.; Alcantara, D.; Queiroz, M. (2009). *Observando a Qualidade do Lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós-Graduação em Arquitetura.
- Silva, N. L. (2015). *Análise dos parâmetros de conforto térmico em habitações populares de um conjunto em João Pessoa/PB*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa].
- Sousa, F. P.; Silva, A. S. (2021). *Manual de Introdução à Simulação do Desempenho de Edifícios – Um Curso para Iniciantes no Software EnergyPlus*. 1. ed. Campo Grande: PPGEES/FAENG/UFMS, v. 1., 315p.
- Tartarini, F.; Schiavon, S.; Cheung, T.; Hoyt, T. (2020). CBE Thermal Comfort Tool: online tool for thermal comfort calculations and visualizations. *SoftwareX*, v. 12, 100563.
- Teixeira, M. N. (2016). O sertão semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. *Revista Sociedade e Estado*, v. 31, n. 3, p. 769-797.
- Tribunal de Contas da União (2014). *Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas*. Brasília: TCU, 145 p.
- Vergara, L. G. L. (2001). *Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva do Hospital Universitário de Florianópolis*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, SC].
- Viegas, R. M. V.; Silva, C. F. E (2020, agosto, 10). *Conhecendo a Thermal Comfort Tool*. Material didático, Workshop Thermal Comfort Tool.
- Weather Spark (2022). *Clima e condições meteorológicas médias em Petrolina no ano todo*. Recuperado de: <https://pt.weatherspark.com/y/30914/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Petrolina-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 06 dez. 2022.
- Xavier, A. A.; Lamberts, R.; Goulart, S.; Vecchi, R. (2011). *Conforto e stress térmico*. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.