

Explorando a Metodologia de Desempenho Performativo no Processo de Edifícios Comerciais no Clima Subtropical Úmido: Uma análise do Estudo de Caso do Projeto VIII

Exploring the Methodology of Performative Performance in the Commercial Building Process in the Humid Subtropical Climate: An analysis of Case Study VIII.

Ana Elisa Souto, Doutora em Arquitetura, UFSM/CS.

ana.souto@ufsm.br

Willian Magalhães de Lourenço, Pós-Doutorando em Engenharia Civil, UFSM/CS.

willian.lourenço@ufsm.br

Yasmim Costa Pinzon, Acadêmica Curso de Arquitetura e Urbanismo, UFSM/CS.

yasmimpinzon@gmail.com

Caroline Silveira da Silva, Acadêmica Curso de Arquitetura e Urbanismo, UFSM/CS.

carolinesilveira0110@gmail.com

Lais Bernardo Laghi, Mestranda no PPGAUP/UFSM, Brasil.

laislaghi@gmail.com

Resumo

O artigo descreve a aplicação do projeto de pesquisa "Investigação sobre o Processo de Projeto Performativo: Edifícios Bioclimáticos e Energeticamente Eficientes" na disciplina Projeto VIII, na UFSM/CS. Integrando abordagens qualitativas e quantitativas, prioriza soluções bioclimáticas e eficiência energética. Estratégias de condicionamento térmico passivo e requisitos acústicos direcionam o conforto em ambientes de escritórios. Normativas foram organizadas em tabelas para análises dinâmicas. Embora as estimativas orientem sobre eficiência do edifício, a ferramenta Insight 360° possibilita decisões conscientes, podendo ser implementada precocemente no projeto, com potencial para análises detalhadas se alimentada por mais informações técnicas.

Palavras-chave: Processo de Projeto Performativo; Desempenho Termo-Acústico; Edifício Comercial; Zona Bioclimática 3; Especificação da materialidade; Classe de Ruído III;

Abstract

The paper describes the application of the research project "Investigation into the Performative Design Process: Bioclimatic and Energy-Efficient Buildings" in the Project VIII discipline, at UFSM/CS. Integrating qualitative and quantitative approaches, it prioritizes bioclimatic solutions and energy efficiency. Passive thermal conditioning strategies and acoustic requirements drive comfort in office environments. Regulations were organized into tables for dynamic analysis. Although the estimates provide guidance on the building's efficiency, the Insight 360° tool enables informed decisions and can be implemented early in the project, with the potential for detailed analyses if fed by more technical information.

Keywords: *Performative Design Process; Thermo-Acoustic Performance; Commercial Building; Bioclimatic Zone 3; Materiality Specification; Noise Class III.*

1. Introdução

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das principais causadoras de impactos ambientais, devido à sua alta demanda energética em todas as etapas, desde a produção de materiais até o uso e ocupação dos edifícios. Ao trabalhar com projetos arquitetônicos digitais, é crucial considerá-los como uma oportunidade para explorar diversos aspectos. Kolarevic (2008) destaca o desempenho como um dos aspectos mais importantes a serem considerados. Nesse sentido, os fatores de desempenho do edifício orientam o projeto, influenciando tanto a forma quanto a escolha dos materiais de construção. Essa abordagem enfatiza o desempenho como uma ferramenta que pode redefinir a maneira tradicional de conceber o ambiente construído, levando a processos inovadores e criativos (Oxman, 2008).

Com o aumento do uso de métodos de simulação baseados no desempenho, uma variedade de métodos e técnicas está sendo pesquisada e incorporada no desenvolvimento de projeto arquitetônico (Eastman, 2009). O estudo de caso apresentado no artigo descreve a experiência de uma disciplina de projeto avançado, detalhando a metodologia do projeto de pesquisa intitulado “Investigação sobre o Processo de Projeto Performativo: Edifícios Bioclimáticos e Energeticamente Eficientes”. Este projeto foi aplicado na disciplina de Projeto VIII, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria no campus de Cachoeira do Sul (UFSM/CS). A disciplina visa atender às condições climáticas locais da Zona Bioclimática 3 (ZB3), concentrando-se em suas características únicas por meio do processo performativo do projeto. Este processo utiliza o desempenho térmico e acústico como principal parâmetro para o desenvolvimento do detalhamento técnico construtivo de um projeto de edifício comercial localizado na Avenida Carlos Gomes, em Porto Alegre-RS.

A pesquisa objetiva desenvolver uma metodologia pedagógica para incentivar a aplicação de estratégias bioclimáticas adequadas, especificamente na zona bioclimática 3, tanto na fase de concepção quanto no detalhamento técnico-construtivo dos projetos, por meio de análises de viabilidade qualitativa e quantitativa. Além disso, explora-se o uso de ferramentas digitais em sala de aula para projetar, destacando seu potencial no aprendizado e desenvolvimento do projeto, com ênfase no desempenho da edificação. A eficiência energética de uma edificação vai além da simples seleção de materiais de baixo consumo de energia durante sua produção; é necessário garantir que esses materiais estejam consoante as normas técnicas, como a NBR 15575 (ABNT, 2021a), que estabelece diretrizes para a utilização racional dos recursos naturais e o bom desempenho das construções. Isso resulta em edifícios mais eficientes e na redução máxima dos impactos ambientais, promovendo economia, durabilidade e garantindo condições adequadas de segurança e conforto aos usuários.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), eficiência energética em edificações refere-se à prestação de um serviço com baixo consumo de energia. Em resumo, um edifício é considerado mais eficiente energeticamente quando oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia em comparação com outros. Portanto, é mais vantajoso buscar adaptações para economizar energia do que aumentar seu fornecimento. A busca pela eficiência energética não significa racionar o uso de energia, mas sim utilizá-la de forma a causar menos impactos ambientais e econômicos.

O papel do projetista é fundamental ao lidar com as variáveis climáticas e espaciais, além de definir os materiais da edificação, tanto nos fechamentos opacos quanto nos transparentes, para tomar decisões adequadas conforme a realidade local (Souto; Pinzon, 2023). O avanço do projeto, é um processo sucessivo e combinado, utilizando simulações e verificações prescritivas para propor soluções embasados no local, ainda sujeitas à interpretação do autor (Souto, 2023).

A universidade desempenha papel crucial na implementação de métodos projetuais que visam aprimorar a tecnologia, sua usabilidade e a compreensão das escolhas feitas durante o processo de projeto, buscando melhorar seu desempenho. A disciplina incentiva a utilização do software Revit 2023 (AUTODESK, 2023), que oferece uma licença estudantil gratuita de um ano, utilizando a metodologia BIM (Building Information Modeling) e permitindo a integração dos processos.

Ao adotar parâmetros qualitativos e quantitativos estabelecidos pela norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021a), e seguir as orientações do guia associado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2013), juntamente com às diretrizes estabelecidas na NBR 15220-3 (ABNT, 2005): Zona 3, a pesquisa atual e a experiência didática contribuem para qualificar e familiarizar os alunos quanto ao comportamento e uso da edificação. Essas variáveis podem se alterar conforme as características de cada local, promovendo o respeito a esses aspectos.

Desde 2011, a Organização Mundial da Saúde, alerta que a poluição sonora é a segunda maior fonte de poluição no planeta (WHO, 2011). Diferentemente de outras formas de poluição, a sonora não deixa um passivo ambiental, mas afeta diretamente a saúde humana, podendo causar distúrbios do sono, estresse, perda auditiva e alterações no metabolismo humano (WHO, 2009), impactando diretamente na necessidade das edificações em garantir proteção contra esses efeitos adversos.

A NBR 15575 (ABNT, 2021a) estabelece requisitos mínimos de desempenho acústico que afetam diretamente a qualidade do ambiente construído e na vida dos usuários. Os requisitos incluem desempenho para isolamento em sistemas de pisos por meio da NBR 15575-3 (ABNT, 2021c), para vedações verticais internas e externas pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021d) e para sistemas de coberturas pela NBR 15575-5 (ABNT, 2021e). Os requisitos para instalações hidrossanitárias são sugeridos pela NBR 15575-6 (ABNT, 2021f). Embora esses requisitos sejam destinados principalmente a habitações, eles servem como referência para estabelecer parâmetros em outros tipos de edifícios, visando a qualidade do ambiente construído, especialmente para aqueles focados em desempenho, conforto e eficiência.

1. Estruturação da disciplina de Projeto VIII

Na disciplina de Projeto VIII, adotou-se uma abordagem estruturada, dividindo o processo de projeto em quatro etapas principais: a preparação do anteprojeto para o projeto executivo, a elaboração do memorial descritivo, a criação dos cortes de pele e o detalhamento setorial de pavimentos. Cada etapa foi crucial, exigindo análises profundas às informações e detalhes técnicos, visando um projeto integrado e exequível. O desempenho térmico e acústico com a eficiência energética orientaram as decisões em todas as fases. As especificações seguiram os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2021a), com foco na transmitância e capacidade térmica. As alvenarias externas foram definidas conforme o desempenho térmico exigido pela NBR 15574-4 (ABNT, 2021d), observando os limites para a zona bioclimática 3.

A NBR 15575 (ABNT, 2021a) estipula critérios para atenuação acústica de ruídos de impacto em lajes de piso e isolamento de piso e do envelope da construção. Um bom isolamento considera a utilização de fechamentos com alto índice de isolamento, alvenarias pesadas ou duplas, e minimização da transmissão de ruído pela estrutura (LOURENÇO, *et al.*, 2022; LOURENÇO, *et al.*, 2023). Valores entre 40 e 50 dB para isolamento de ruídos aéreos são considerados muito bons, enquanto acima de 45dB são excelentes. Priorizar a acústica no projeto resulta em maior conforto e reduz a necessidade de correções pós-execução.

2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia deste estudo integra abordagens qualitativas e quantitativas, priorizando soluções bioclimáticas e energeticamente eficientes, além de ferramentas com potencial integrativo de informações para a elaboração da prática projetual na disciplina. Os projetos aqui apresentados, foram concebidos com um caráter performativo, buscando adaptar-se às transformações do ambiente por meio de simulações de desempenho, visando alcançar maior eficiência energética (OXMAN, 2008b). Na disciplina de Projeto VIII, o foco está na especificação e detalhamento das estratégias de projeto, onde as escolhas quanto a materialidade, elementos e sistemas construtivos desempenham um papel crucial.

O atendimento às estratégias de condicionamento térmico passivo, conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), e aos requisitos de acústica pelas normativas, atuam sobre um impacto direto no conforto das áreas de permanência em ambiente de escritórios. Para isso, as principais normativas referentes à ZB3 foram organizadas em tabelas interativas, permitindo a verificação das diretrizes construtivas e sugestões de estratégias de condicionamento térmico passivo de forma dinâmica e integrada. Dentre as estratégias incluem-se sugestões para o tamanho de aberturas para ventilação e proteção por sombreamento, bem como parâmetros térmicos para vedações externas, tipos de paredes e coberturas, e estratégias para condicionamento térmico passivo, conforme a Tabelas 1.

Tabela 1: Estratégias de condicionamento térmico passivo – NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15575-4 (ABNT, 2021).

NBR 15220-3:2005		NBR 15575-4:2021 (Valores referência SVVE – Zona Bioclimática 3)		Projeto: Otto (Edifício comercial e corporativo, com total de 15 pavimentos e de Térreo comercial)
Zona Bioclimática:	3			Cidade: Porto Alegre
Tamanho de aberturas para ventilação	MÉDIAS	15% < A (em % da área de piso) < 25%	Percentual de abertura de referência para ventilação: $\geq 7\%$ da área de piso*	Coworking: A=16%
Sombreamento	Permitir sol durante o inverno	*Verificar no projeto com estudo solar		Permitir sol durante inverno e sombreamento no verão
Ventilação	CRUZADA	*Verificar estratégias sugeridas (TABELA 25)		Possibilidade de ventilação cruzada
Paredes Externas	LEVE REFLETORA	$U \leq 3,60$; $At \leq 4,3$; $FSo \leq 4,0$	$U \leq 3,7$ quando $a \leq 0,6$ $U \leq 2,5$ quando $a > 0,6$ $CT \geq 130$	Alvenaria em bloco cerâmico: $U=1,9$; $At=3,6$; $Fso=1,2$. Pele de vidro: $U=1,88$; $Fso=3,91$.
Paredes Internas	PESADAS	*Verificar estratégias sugeridas (TABELA 25)	-	Paredes de concreto(15cm): $U=3,7$; $At=3,8$; $CT=348$.
Cobertura	LEVE ISOLADA	$U \leq 2,00$; $At \leq 3,3$; $FSo \leq 6,5$	-	Laje nervurada com EPS (aproximado): $U=1,3$; $At=12,5$; $Fso=4,06$.
Estratégias	BCFI	*Verificar em ANEXO A (cidades) abaixo	-	Aquecimento artificial por ar condicionado; Aquecimento por superfícies envidraçadas; Paredes internas pesadas; Possibilidade de ventilação cruzada.
Legenda (unidades de medida)	Transmitância térmica ou Coeficiente de transferência de calor (U): W/(m²K)		Absortância (a): % (porcentagem)	
	Atraso térmico (At): h (horas)		*É permitido um percentual de abertura de elementos transparentes superior a 20% caso sejam utilizados os vidros sejam de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais nas aberturas.	
Legenda (preenchimento da tabela)	Fator solar (Fso): % (porcentagem)			
	Capacidade Térmica (CT): kJ/(m²K)			
	Informações devem ser preenchidas manualmente.			
		Informações preenchidas automaticamente através da zona selecionada.		
		Informações preenchidas automaticamente através da zona selecionada.		

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Além disso, a disciplina forneceu uma planilha para cálculo e correção do valor TR (tempo de reverberação), verificando os valores de absorção para cada frequência dos materiais escolhidos (CARVALHO, 2010; BISTAFA, 2006). O Tempo de Reverberação (TR) foi o parâmetro objetivo utilizado para projetar, inicialmente, a qualidade acústica das salas de coworking dos projetos. Primeiramente, após a etapa de concepção projetual, foi calculado o TR da sala em questão.

Segundamente, por meio da NBR 12179 (ABNT, 1992), identificou-se o TR ideal, e a partir disso, o TR foi corrigido, a partir das configurações e proposições arquitetônicas de absorção.

Calculou-se a área de absorção sonora total para as bandas de frequência (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz), utilizando a fórmula: $A = \Sigma (\alpha \times S)$. Em seguida calculou-se o tempo de reverberação atual e o corrigido, com a Equação 1, a Equação de Sabine, de acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992):

$$TR = 0,16 \times V / A \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

V = volume do local [m³];

A = área de absorção total.

A partir dessa etapa, os alunos começaram a procurar fornecedores que atendessem aos requisitos mínimos de propriedades térmicas e acústicas, conforme demonstrado nas tabelas 1 e 2, organizadas de forma técnica no memorial descritivo. Essa etapa exigiu uma pesquisa extensa entre normativas e fornecedores, permitindo aos alunos entender não apenas as características dos materiais, mas também como detalhar os elementos, sistemas e componentes do empreendimento. O objetivo era fornecer um conjunto claro e conciso de informações técnicas, garantindo dados confiáveis para a execução adequada da obra, especialmente por tratar-se de uma edificação situada em uma Classe de Ruído III, próxima à vias de tráfego intenso, conforme a NBR 10151 (ABNT, 2019), destacando a necessidade de um alto desempenho ao isolamento de fachadas.

Tabela 2: Principais fechamentos e sua relação de atenuação acústica em unidade de decibéis - Projeto Otto.

Fechamentos	Drywall: Wallfelt POP 70mm Isover (para parede simples)	Divisórias de vidro: Linha Euro 90 SPR	Alvenaria: Blocos Classe VED15 Pauluzzi (para espessura de 17cm com revestimento reboco de 1,5 cm em ambas as faces)
Desempenho acústico	47dB	52 dB	39 dB

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

3. Aplicações e Resultados

Como estudo de caso, foram destacados dois projetos desenvolvidos na disciplina de Projeto VIII: Otto e Menna Corporate. Reconhecendo a grande responsabilidade na escolha da materialidade e sua influência no desempenho da edificação, as alunas fundamentaram suas decisões na comparação das propriedades térmicas de materiais e sistemas construtivos em relação aos valores de referência da ZB3. Para isso, utilizaram o PROJETEEE (2023), que relaciona dados climáticos da cidade do projeto com estratégias bioclimáticas e componentes construtivos sugeridos, integrando as normas técnicas NBR 15575 e NBR 15220. Além disso, a plataforma oferece uma calculadora virtual que verifica propriedades térmicas dos materiais, facilitando comparações e garantindo conformidade com as normativas.



Figura 1: Exemplo de aplicação da calculadora de propriedades - Projeto Otto. Fonte: PROJETEEE (2023).

Ademais, os componentes construtivos que não estavam disponíveis na plataforma ou nos exemplos das normativas, foram selecionados por meio dos fornecedores com certificação disponível. No entanto, a falta de informações completas nos catálogos e manuais dos fornecedores, dificulta o acesso rápido e fácil para os alunos, tornando a comparação entre os valores de referência mais complexa e imprecisa para a prática de projeto orientada ao desempenho térmico da edificação, em conformidade com as normativas vigentes.

Entretanto, nas análises acústicas, para corrigir o TR, as alunas alcançaram resultados satisfatórios, aproximando-se do TR ideal estabelecido pela NBR 12179 (ABNT, 1992). Os componentes construtivos destinados ao isolamento acústico forneceram informações detalhadas, permitindo resoluções mais precisas em relação ao TR em escritórios. Este desenvolvimento elucidou de que a qualidade acústica em edificações não está ligada somente ao desempenho de isolamento, mas a qualidade acústica de salas também, orientando os alunos a considerar situações reais de projeto em sala de aula, conforme ilustrado na Figura 2.

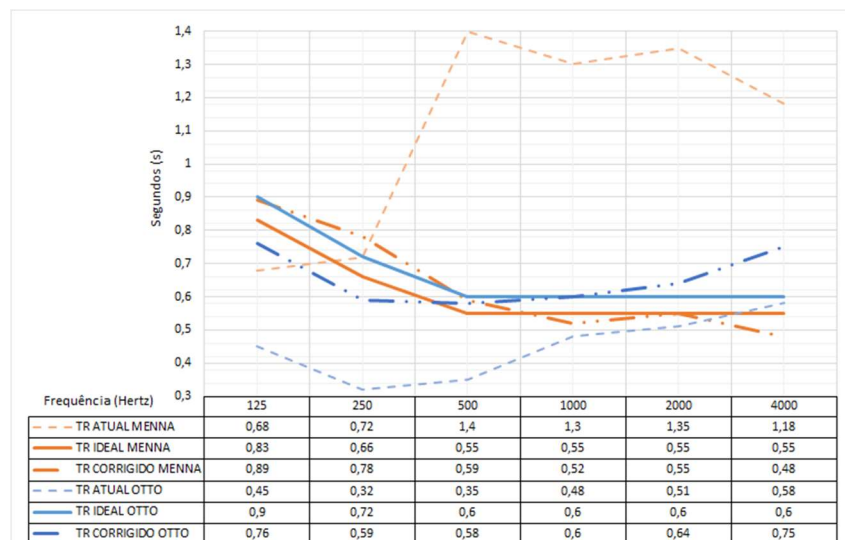


Figura 2: Resultado de correção do TR para os projetos Otto e Menna em estudo. Fonte: Os autores.

Além disso, para análises térmicas de desempenho, identificou-se o potencial da ferramenta Autodesk Insight 360° como suporte para análises preliminares na seleção de materiais e estratégias construtivas durante as fases de decisão projetual. Essa ferramenta integra motores de simulação de energia no software Revit 2023, utilizado na disciplina para o desenvolvimento

de projetos, e permite simular diferentes escolhas, oferecendo aos projetistas insights sobre o impacto dos materiais e componentes na construção, tornando as decisões mais assertivas e conscientes em relação ao desempenho do edifício, o que se torna crucial para alcançar maior eficiência energética.

Optou-se pelo modelo de massa na modelagem conceitual para realizar análises rápidas, flexíveis e ideais para comparações. Inicialmente, o arquivo no formato rvt deve ser configurado corretamente com a localização e orientação do norte verdadeiro. Após a conclusão da modelagem em massa, nas configurações de energia, são inseridas informações como porcentagem de aberturas, tipo de construção, ajustes de ar condicionado previstos para o projeto e, por fim, as propriedades térmicas gerais conforme as opções disponíveis no programa, baseadas na ASHRAE 90.1 (2019). Essas etapas devem ser realizadas antes do projeto executivo, no primeiro exercício de retomada da disciplina, considerando mudanças sugeridas para o projeto e pesquisando fornecedores para o memorial descritivo.

Ao gerar o modelo analítico de energia no programa, a plataforma Insight 360° permite a seleção de parâmetros com base na moeda utilizada e nas tarifas de gás e eletricidade. Neste estudo de caso, foram empregadas as tarifas locais de gás a 7,3707m³ e eletricidade a 0,656Kwh, utilizando a moeda Real, para os dois projetos. Isso possibilita aos alunos explorar estimativas em diversos cenários, assegurando conformidade com os critérios da ASHRAE 90.1 (2019) e com a redução de carbono proposta pela Architecture 2030. Entre os parâmetros ajustáveis estão a orientação do edifício, a relação entre área envidraçada e área bruta de alvenaria para cada orientação, a presença de proteção solar e as propriedades do vidro, a capacidade global de paredes e cobertura, a infiltração inicialmente estabelecida, a eficiência da iluminação artificial, a presença de sensores de ocupação e dimerização da luz natural, o consumo de energia pelos equipamentos elétricos, obtido por meio dos fornecedores, as horas de utilização pelos ocupantes da edificação e as situações de energia solar, incluindo a eficiência dos painéis, o tempo de *payback* e área de cobertura.

A partir das informações já configuradas no arquivo, é necessário verificar os espaços destinados para a análise, destacados em azul nas imagens 1 e 6 da Figura 4, pois apenas esses serão analisados. Gerado o modelo analítico no Insight 360°, conforme demonstrado nas imagens 2 e 7 da Figura 4, são criados cenários para simular quais diretrizes interferem na eficiência do edifício. O primeiro cenário de análise é o real, identificado pelas imagens 3 e 8 da Figura 4, representa o edifício com sua relação real entre aberturas e parede bruta, sem placas solares na cobertura, mas com proteções solares por meio de brises, vidros duplos de alto desempenho, iluminação artificial por lâmpadas do tipo LED com sensores de ocupação e dimerização. O segundo cenário, mostrado nas imagens 4 e 9 da Figura 4, inclui placas solares em 90% da cobertura, com eficiência de cerca de 20% e *payback* em até 30 anos. O terceiro cenário, representado pelas imagens 5 e 10 na Figura 4, além das placas solares adicionadas conforme o cenário 2, modifica o percentual de elementos transparentes em 20% para cada orientação, conforme as normativas sugerem.

Inicialmente, no cenário real, os dois edifícios apresentaram resultados iniciais semelhantes, apesar das diferentes composições. A adição de placas solares na cobertura mostra-se de grande desempenho para a redução de valores gastos pela edificação, conforme mostra o cenário 01 e sinaliza o potencial dessa aplicação por meios não tradicionais, como em fechamentos verticais ou brises. Além disso, alterando os mesmos parâmetros, verifica-se que o resultado pelo cenário 2, apresentado nas imagens 5 e 10 da Figura 3, pode ser significante para a economia de energia.

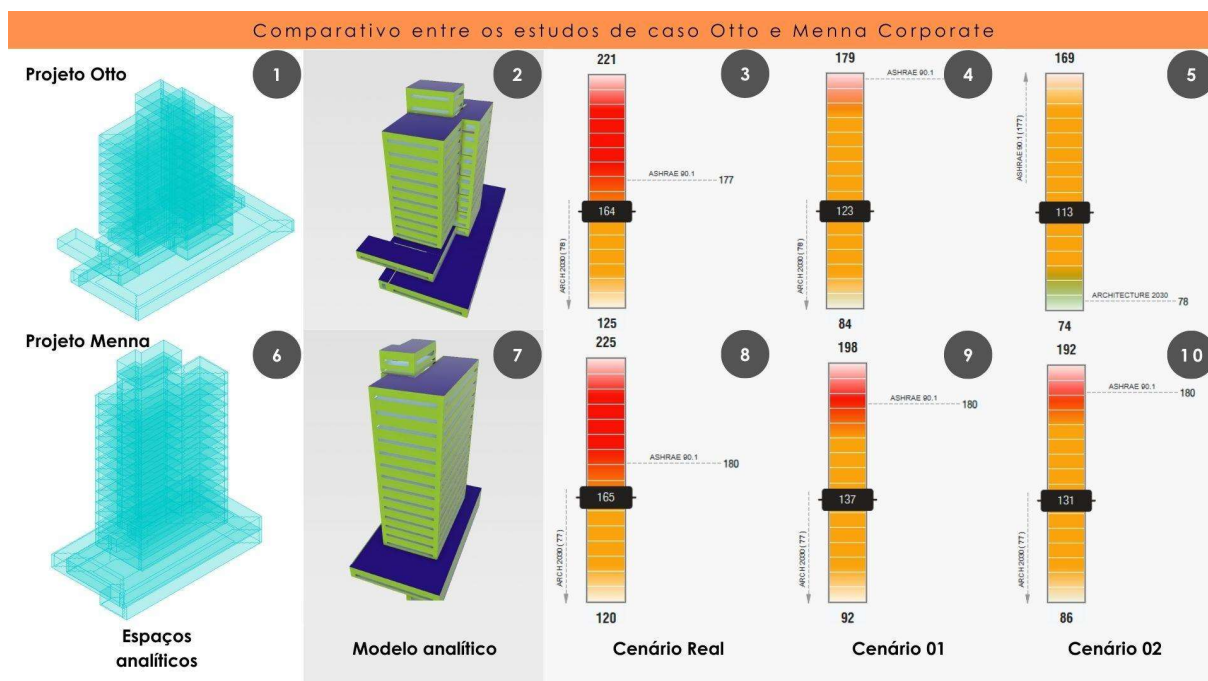


Figura 3: Estudo de eficiência energética (kWh/m²/ano) - Insight 360°. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Apesar dos valores apresentados serem estimativas, orientam os alunos sobre os impactos diretos na eficiência do edifício mediante comandos paramétricos, auxiliando na previsão de estratégias de conforto, qualidade de vida, e redução de carbono frente à crise climática. O fator rapidez na implementação da ferramenta Insight 360° é um potencial de aplicação em fases iniciais de projeto, auxilia em tomadas de decisões mais conscientes, e apresenta potencial de análises mais detalhadas se alimentado por mais informações técnicas, possíveis via fornecedores, por meio da metodologia BIM.

4. Conclusão ou Considerações Finais

Resultados precisos ainda envolvem estudos de especialistas, programas complexos de cálculo de desempenho que por vezes não possuem licença estudantil e que exigem um profundo estudo sobre as normativas. Estas por vezes encontram-se desatualizadas ou controversas entre si, o que não caberia em termos de tempo de pesquisa para a efetivação em uma disciplina de conteúdos complexos que envolvem o aprendizado de um projeto executivo de um edifício em altura de uso comercial e corporativo. Dessa maneira, o Insight 360° revela-se como uma ferramenta poderosa e acessível aos alunos, com comandos intuitivos e com resultados visuais sobre os impactos referentes às escolhas de projeto mais eficientes e conscientes ambientalmente.

No processo de pesquisa e seleção de materiais e sistemas construtivos, a consideração de parâmetros mínimos de desempenho também contribui para uma maior conscientização dos impactos das escolhas projetuais sobre as pessoas e as edificações. A aplicação dessas diretrizes no estudo de caso da disciplina de Projeto VIII para a ZB3 demonstra quais medidas podem melhorar a eficiência por meio de ferramentas BIM e programas de simulação, integrando as normativas vigentes de maneira dinâmica e efetiva no aprendizado.

Referências

- [1] KOLAREVIC, Branko.2005. Towards the performative in architecture. Em Kolarevic, B.; Malkawi, A. Performative architecture: beyond instrumentality, p.203-214.New York; Spon Press.
- [2] OXAMAN, Riva. 2008. Performance-based design: current practices and research issues. *Internacional Journal of Architectural Computing*, v.6, n.1,p.1-17.
- [3]EASTAMAN, Chuck. 2009. Automated assessment of early concept designs. *Architectural Design*, n.199, p.52-57, Mai-Jun.
- [4]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais-Desempenho, Rio de Janeiro: ABNT,2013.
- [5] LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. 3º edição, Eletrobrás/PROCEL,2014.
- [6] MORAES SOUTO, Ana Elisa; PINZON, Yasmim Costa. Evaluación de viabilidade y desempeño performativo: estudio de caso de edificio comercial en Proyecto VIII. *arquibur Revista*,13(24),68-81.
- [7]SOUTO, Ana Elisa. Processo de projeto performativo para edificações energeticamente eficientes. Capítulo 3. In: Engenharia e Arquitetura, construindo o Mundo Moderno-Volume I, Formiga (MG), Editora Real Conhecer,2023,PG 47-70.ISBN: 978-65-84525-72-6, DOI: 0.5281/zenodo.10.5281.<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/734757/2/Engenharia%20e%20Arquitetura%20Construindo%20o%20Mundo%20Moderno%20-%20Volume%201.pdf>
- [8]AUTODESK (2023). Revit (Versão 2023).<https://www.autodesk.com.br/products/revit/architecture>
- [9]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:1 Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2021a.
- [10] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Burden of disease from environmental noise.** 2011.
- [11] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Health Statistics.** 2009.
- [12]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3. Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: **Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro,2005.36p.
- [13]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:3 Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos para sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, 2021b.
- [14]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:4 Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.** Rio de Janeiro, 2021c.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:5 Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos para sistemas de coberturas.** Rio de Janeiro, 2021d.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:6 Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos para sistemas hidrossanitários.** Rio de Janeiro, 2021e.

- [17] LOURENÇO, Willian Magalhães de; MELLER; Gabriela; ROSSI, Camila Taciane; HAAS, Alessandra; SANTOS, Eduardo Henrique Lucca; SANTOS, Joaquim Cesar Pizzutti dos; MELO, Viviane Suzey Gomes de; TENENBAUM, Roberto Aizik; MOHAMAD, Gihad. **Floor impact noise performance of prefabricated prestressed joists and block slabs with wooden laminate floors.** *Ambiente Construído*, 2022. 335-353p. v. 22, n. 4. 2022. doi:10.1590/s1678-86212022000400643
- [18] LOURENÇO, Willian Magalhães de; SANTOS, Eduardo Henrique Lucca; DEBONI, Guilherme; MELO, Viviane Suzey Gomes de. **Isolamento acústico de sistemas de fechamento verticais de "casa popular eficiente" confeccionada com tijolos solo-cimento.** *E&S Engineering and Science*, 2023. 1-18p, v. 12, n. 2. 2023. doi:10.18607/ES20231215044
- [18] OXMAN, Rivka. 2008. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design studies*, v. 29, n. 2, p. 99-120.
- [19] CARVALHO, Régio Paniago. *Acústica arquitetônica*. 2ed. Brasília: Thesaurus, 2010.
- [20] BISTAFA, Sylvio R. *Acústica Aplicada ao Controle de Ruído*. São Paulo: Blucher, 2006.
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179. **Tratamento acústico em recintos fechados** - Procedimento Rio de Janeiro, 1992. 9p.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151. **Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2019. 24p.
- [23] PROJETEEE. *Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Dados Climáticos*. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- [24] AUTODESK (2023). *Insight 360°* (Versão 2023). <https://insight360.autodesk.com/oneenergy>
- [25] ASHRAE 90.1-2019: *Energy Standards for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, SI Edition. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2019.
- [26] ARCHITECTURE 2030. Disponível em: <https://www.architecture2030.org/new-building-actions/>