XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Diagnóstico do conforto ambiental de um edifício universitário utilizando ferramentas computacionais BIM

Environmental comfort diagnosis of an educational building using computer modeling

Resumo

O trabalho avaliou o conforto ambiental de uma edificação universitária sob os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2013. Foram levantadas as características da edificação e medidos os parâmetros de desempenho térmico, lumínico e da qualidade do ar, que subsidiaram o modelo BIM contendo os espaços construídos. Tais parâmetros permitiram simular as condições ambientais da edificação em cenários de uso, confrontando os dados medidos com os normatizados. As informações foram tabuladas, comparadas e analisadas, culminando em uma discussão sobre as condições de permanência e uso do ambiente construído, desempenho global da edificação e melhoria do conforto ambiental.

Palavras-chave: Desempenho das edificações. Conforto ambiental, Modelagem computacional. Novos materiais.

Abstract

The work evaluated the environmental comfort of a university building under the criteria established by NBR 15575/2014. The building characteristics were surveyed and the thermal, light and air quality parameters of performance were measured, which supported the BIM model containing the built spaces. Such parameters allowed simulating the building environmental conditions in scenarios of use, comparing the measured data with the standardized ones. The information was tabulated, compared and analyzed, culminating in a discussion about the conditions of permanence and built environment use, overall building performance and improvement of environmental comfort.

Keywords: Building performance, Environmental comfort, Computer modeling, New materials.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética [9], apenas 24% dos recursos utilizados na matriz de geração elétrica do mundo são de fontes renováveis, sendo as outras fontes para geração de energia elétrica advinda de recursos finitos como

Como citar:
CARVALHO, T. G.; LIMA, C. A.; LINS, V. F. C.; FABIELE, S. OLIVEIRA, M.; SILVA, R. Diagnóstico do conforto ambiental de um edifício educacional utilizando modelagem computacional BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

derivados de petróleo, nuclear e carvão. Isto evidencia a importância para fomentar um pensamento de consumo elétrico responsável, eficiente e sustentável em todos os setores da economia, dentre eles, a construção civil. Este pode contribuir através da difusão de melhores projetos e técnicas em busca de edificações cujo desempenho sejam adequados.

Desta forma, uma construção deve ser projetada considerando os aspectos de ciclo de vida até o final de sua vida útil, sendo importante considerar o desempenho durante a fase operacional. Porém, em geral, as edificações apresentam baixo desempenho energético por não serem considerados aspectos relativos à bioclimatologia e ambiência que permita uma adequação ao local [8]. [4] afirma que o desempenho de uma edificação está relacionado ao seu comportamento ao longo de sua vida útil, considerando o atendimento das expectativas de conforto dos usuários, a realidade técnica e socioeconômica de cada empreendimento. Com isso, ações devem ser consideradas globalmente, pensando a edificação como um todo, e individualmente, considerando os sistemas prediais instalados. A forma final é consequência deste pensamento sistêmico que considera todos os fatores ambientais, de uso e fisiológicos dos indivíduos.

No Brasil, a NBR 15575/2013 [1] apresenta os critérios de desempenho das edificações habitacionais, tratando dos parâmetros de conforto e eficiência, e indicando requisitos técnico-ambientais para iluminação, térmicos e qualidade do ar, buscando o melhor a melhor solução predial. Justifica-se o uso desta norma pelo fato que não há normas com o mesmo grau de detalhamento metodológico que a residencial. Além disso, foram necessários ajustar os requisitos e condicionantes estabelecidos, mas preservando os preceitos metodológicos propostos. Foram acrescidos os parâmetros estabelecidos pela NR17/2018 [6] - Ergonomia para auxiliar na melhor avaliação da edificação dos requisitos térmicos e lumínicos em ambientes laborais e de cunho intelectual, da NBR 15220/2005 – Desempenho térmico de edificações [3] e NBR ISO/CIE 8995/2013 – Iluminação de ambientes de trabalho [2].

Com isso, pôde-se realizar uma avaliação de desempenho segundo critérios estabelecidos e realizar simulações de desempenho através de modelo parametrizado em BIM, permitindo comparar dados contínuos, além de identificar os fatores que podem afetar os resultados em cenários controlados. [15] afirma que o modelo paramétrico é importante na simulação de situações onde se busca uma melhoria do desempenho da edificação, alterando materiais, seus parâmetros e até os sistemas construtivos, além de permitir uma avaliação em todas as fases do ciclo de vida da edificação. Na mesma linha, [12] considera o conceito BIM como o diferencial entre a integração e representação gráfica de projeto que envolvem uma obra, ou seja, permite desenvolver um modelo virtual contendo toda a geometria, materiais e instalações do empreendimento, sendo estes fundamentais no suporte à decisão quanto a fabricação, aquisição e compras necessárias para a execução do projeto.

Analogamente, a plataforma BIM facilita as simulações de cenários pré-definidos e avaliar o desempenho da edificação nas condições impostas, sendo uma abordagem prescrita na NBR 15575/2013 [1], indicando ainda ferramentas complementares para

avaliações térmicas e lumínicas. Esta abordagem é possível graças a interoperabilidade entre plataformas existente no BIM, já que dificilmente uma aplicação suporte todas as tarefas associadas de avaliação projetual [7].

Portanto, foi proposta uma avaliação das condições de conforto ambiental em um edifício educacional existente no campus universitário da Universidade Estadual de Santa Cruz, utilizando a metodologia e as condicionantes dadas pelas normas citadas, medições *in loco* e ao desenvolvimento de um modelo em BIM, a fim de se verificar a conformidade da edificação frente ao regramento após a comparação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa tem caráter qualitativo e quantitativo, aplicando as práticas científicas descritas em [10] e [6], e as técnicas descritas pelas normas NBR 15220/2005 [3], NBR 15575/2013 [1], NBR ISO/CIE 8995/2013 [2] e NR 17/2018 [6].

Como objeto de estudo, foi utilizado o edifício do departamento de ciências exatas e tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz (DCET/UESC), dado o grande volume de pessoas que utilizam suas instalações, suas condições de uso e manutenção, além das condições climáticas adversas regionais. A edificação encontra-se no município de Ilhéus-BA, latitude de 14º47'50" S, longitude 39º10'28" W e altitude de 52 m em relação ao nível do oceano (IBGE, 2018), estando inserida na zona bioclimática 08 conforme NBR 15520-3, com classificação climática tropical úmido a super úmido segundo os critérios de [5], possuindo temperatura média de 24,3º C e com ventos oriundos do nordeste para sudoeste [14].

A Figura 1 mostra o mapa do campus universitário com destaque o edifício DCET/UESC.

Figura 1. Mapa da UESC com destaque para o DCET/UESC.



Fonte: UESC (2020)

A edificação possui 04 pavimentos, com área total de 4.431,26 m², construído em estrutura pré-moldada em concreto e alvenaria em blocos cerâmicos, sem isolamento térmico ou sombreamentos. Possui 17 salas de aula, 26 laboratórios, 9 salas de uso administrativo e outras de uso diverso. As suas maiores fachadas recebem radiação solar direta na maior parte do dia, e mesmo com grandes aberturas de janelas, requer

climatização para uma permanência prolongada indicando a necessidade de um estudo aprofundado de desempenho da edificação.

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foram realizadas entrevistas exploratórias e consultas via formulários com os usuários frequentes da edificação, utilizando o método descrito por [11], como forma de se conhecer a percepção do usuário e melhor formatar os procedimentos da pesquisa. Apesar da pesquisa não exigir identificação dos usuários, a mesma foi avaliada e aprovada no comitê de ética. Na fase de levantamento de exploração de campo foram utilizadas as ferramentas, *softwares* para as simulações e critérios descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Equipamentos e *softwares* usados na pesquisa

Critério	Subcritério	Equipamento	Especificação	Resolução	Simulador
Conforto térmico	Temperatura externa do ambiente	Termo higrômetro	Minipa MT241A	± 1ºC	Autodesk Revit® 2021 e OpenStudio/EnergyPlus 3.0.1
	Temperatura interna do ambiente				
Qualidade do ar	Umidade relativa do ar	Termo higrômetro	Minipa MT241-A	± 5%	Autodesk Revit® 2021 e OpenStudio/EnergyPlus 3.0.1
Conforto visual	Iluminação natural	Luxímetro portátil	Minipa MLM1011	± 4%	Autodesk Revit® 2021 e DIALux evo 9.0
	Iluminação artificial				

Fonte: autores

Para a realização da avaliação do desempenho, foi preciso catalogar e cadastrar as propriedades dos materiais no *software* Autodesk Revit 2021, conforme NBR 15220-2 [3] (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedade dos Materiais

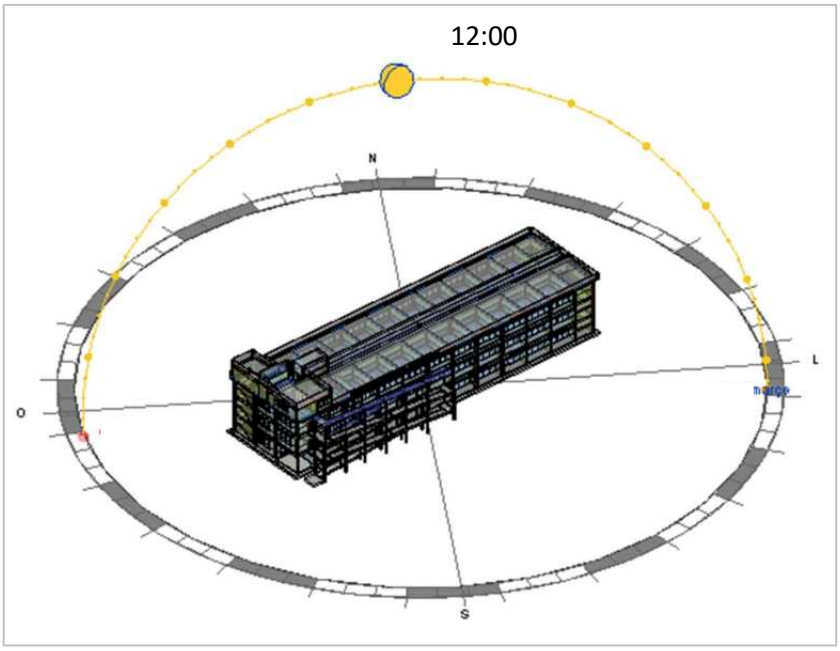
Materiais	Propriedades Térmicas		
	condutividade térmica	calor específico	massa aparente
	λ (w/m. k)	c (J/G.° C)	ρ (kg/m³)
Bloco cerâmico	0,92	1,05	1800,00
Alumínio	230,00	0,88	2700,00
Argamassa	1,15	1,00	1800,00
Cerâmica	0,92	1,05	1800,00
Concreto	1,75	1,00	2400,00
Madeira	0,20	2,30	1000,00
Telha Fibrocimento	0,95	0,84	1900,00
Vidro	1,00	0,84	2500,00

Zinco	112,00	0,38	7100,00

Fonte: Adaptado da NBR 15520-2 (ABNT, 2005a).

O arquivo BIM foi construído a partir do levantamento *as-built* da edificação, onde foram cadastrados os materiais e elementos (portas, janelas, escadas, revestimentos e vedações), sendo, por fim, geoposicionada em 14º47'50" S de latitude e 39º10'28" W de longitude, conforme exige a norma NBR 15220-3 [3]. Esta informação é necessária para se determinar a orientação solar (Figura 2), e consequentemente, a incidência solar sobre a sua fachada.

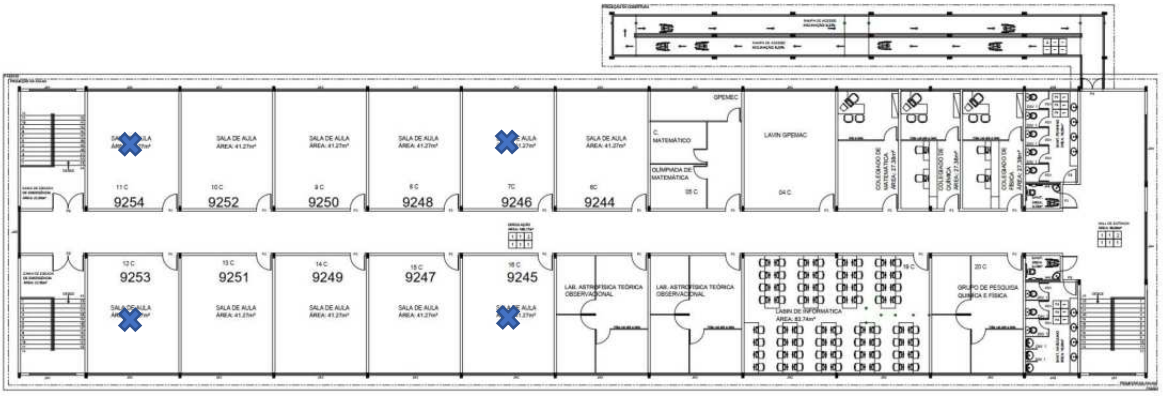
Figura 2. Trajetória solar relativa



Fonte: Autores

Após o geoposicionamento, foram definidas as posições internas e externas da edificação onde seriam realizadas as medições das condições de uso, segundo os critérios da NBR 15575-1 [1]. Esta indica a necessidade de as medições serem realizadas no ultimo pavimento, em posições intermediárias dos ambientes. Assim, foram estabelecidas quatro salas representativas onde foram instalados os aparelhos (Figura 3).

Figura 3. Salas do 3º pavimento onde foram realizadas as medições de temperatura, iluminância e qualidade do ar



Fonte: Autores (2020)

As salas foram escolhidas por área e por estarem posicionadas em lados opostos da edificação permitindo o registro de parâmetros representativos. Por se tratar da zona bioclimática 8, as estações do ano não apresentam amplitude térmica exageradas, assim medições foram realizadas em um dia de inverno e um de verão.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Para realizar as simulações no Autodesk Revit, é necessário informar o tipo e tempo de uso do ambiente, se existe ventilação natural, condicionamento de ar e os elementos construtivos. O tipo selecionado foi “Escola ou Universidade” com grade operacional de 24 horas/dia em 6 dias/semana, seguido da escolha do modelo analítico de energia baseado no *Green Building Studio* (GBS). Foram avaliadas a influencia do ambiente externo sobre o interno, e, uma análise da transferência térmica devido a incidência solar sobre os materiais da envoltória.

Como ferramenta auxiliar para processar os dados climáticos oriundos das estações meteorológicas da região, foram utilizados o *EnergyPlus* e o *OpenStudio*. Para tal, foram inseridos os dados climáticos da estação automática 83229 da rede INMET, instalada na latitude 13º0’36” S e longitude 38º30’36” W, na mesma ZB 8 e pela mesma possuir o conjunto de dados completos.

MEDIÇÕES

As medições realizadas foram: temperatura interna (Ti, ºC), externa (Te, ºC), umidade relativa do ar (UR, %), iluminação interna natural (Ei, lux), iluminação externa (Ee, lux), a iluminação interna artificial (Eia, lux). As medições foram realizadas externamente da edificação e internamente nas salas desocupadas, portas e janelas abertas, sem equipamento de ventilação ou climatização ligados e sem fontes de calor. Os equipamentos foram dispostos sobre uma plataforma elevada a 1,20 m do piso, e as leituras realizadas em intervalos de 10 minutos durante o horário mais quente do dia (12:30 as 14:00) e no final do dia (18:30 as 20:00) para se obter os parâmetros residuais oriundos da continuidade da transferência de energia pela envoltória.

A simulação da qualidade do ar foi realizada nos *softwares OpenStudio/EnergyPlus*; enquanto o desempenho lumínico através do *software DIALux evo*, considerando a

iluminação natural e a iluminação artificial instalada nas salas. Foram utilizados como entrada os arquivos gerados no Autodesk Revit e as medições especificadas.

Nessas ferramentas foram ajustadas as refletâncias e transmitâncias dos materiais para os menores valores sugeridos pela NBR 15220-2 e indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedade lumínicas

Material	Refletância (%)	Transmitância (%)
Concreto	35,00	0,00
Pintura Branca	80,00	0,00
Vidro Incolor	8,00	85,00
Tijolo Aparente	35,00	0,00

Fonte: Autores

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das propriedades dos materiais e com os procedimentos de cálculo indicado na NBR 15220-2, foram calculados os parâmetros de transmitância térmica (U) e resistência térmica (R) dos sistemas construtivos (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedades térmicas dos elementos

Elemento	Propriedades Térmicas	
	Transmitância térmica (U) W/m².k	Resistencia térmica (R) m².k/W
Paredes		
Parede externa, e=15 cm (tipo 1)	2,221	0,450
Parede interna, e=14 cm (tipo 2)	2,290	0,437
Parede interna, e=14 cm (tipo 3)	2,234	0,448
Parede interna, e=14 cm (tipo 4)	2,207	0,453
Parede interna, e=14 cm (tipo 5)	2,290	0,437
Pisos		
Contra piso de argamassa + piso de alta resistência (térreo)	3,910	0,256
Lajes + granilite (primeiro, segundo e terceiro andar)	2,980	0,336
Telhado		
Telhas de fibrocimento com câmara de ar e laje	1,100	0,905
Esquadrias		
Porta de madeira núcleo oco	1,870	0,530
Porta de alumínio com vidro	3,690	0,270
Porta de metal	3,700	0,270
Janela vidraça única, vidro claro	5,910	0,170

Fonte: Autores

De posse das medições e dos parâmetros calculados, o modelo BIM foi construído e gerado o modelo analítico de energia através da ferramenta GBS, que forneceu o

gráfico de variação de temperatura externa para o ano base. Para validar os resultados do simulador, foram comparados os resultados obtidos por elas com as bases de dados históricas e verificado a sua aproximação. Citando o mês de março como exemplo, a simulação indicou uma variação de temperatura externa entre 22,70º a 30,30 ºC, com média de 26,5º C; enquanto que na base histórica do Climate-Data.org (2020), indica uma amplitude térmica entre 21,90º a 29ºC, com média de 25,40º C. Ou seja, há uma convergência de valores entre o real e o simulado. Além disso, os resultados do simulador foram comparados com as medições realizadas, sendo os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados de temperaturas externas: Medições *in loco* e simulação

Salas	Medições com o Termihigrômetro			Simulações com as ferramentas Revit			Erro relativo $\frac{(x - x')}{x'}$
	Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx	
9246	24,90	30,15	34,20	24,00	28,60	30,00	$5{,}42 \times 10^{-2}$
9245	26,40	31,36	37,70	25,00	28,60	30,10	$9{,}65 \times 10^{-2}$
9254	26,00	29,95	33,70	23,00	27,40	28,50	$9{,}31 \times 10^{-2}$
9253	24,50	30,01	36,50	24,00	28,10	29,60	$6{,}80 \times 10^{-2}$

Fonte: Autores

Nota-se que as medições apresentaram valores entre 30,15ºC a 31,36 ºC enquanto os valores simulados variaram entre 27,40ºC e 28,60ºC, mostrando uma diferença entre 2,75ºC, com erro relativo da ordem de 10^{-2} nas salas. Estes resultados permitiram compreender a influência dos materiais aplicados na envoltória da edificação no desempenho térmico das salas e como isso impacta no conforto térmico.

Da mesma forma foi feito para as temperaturas internas encontrada pelas simulações no *OpenStudio/Energy Plus* e com as medições no local, apresentados na Tabela 5. As medias medidas

Assim como foi feito com a temperatura externa, a Tabela 7 traz uma comparação entre as temperaturas internas encontradas tanto pelas medições in loco quanto as obtidas na simulação com o *OpenStudio/Energy Plus*. Nota-se que temperaturas médias medidas ficando entre 29,03ºC a 31,63ºC, enquanto as simuladas oscilaram entre 29,58ºC a 30,20ºC, com erro da ordem de 10^{-2} indicando grande similaridade entre os resultados.

Tabela 5. Resultados de temperaturas internas: Medições *in loco* e simulação

Salas	Medições com o Termihigrômetro			Simulações com as ferramentas Revit			Erro relativo $\frac{(x - x')}{x'}$
	Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx	
9246	30,40	31,63	32,20	31,45	32,92	34,75	$3{,}92 \times 10^{-2}$
9245	29,90	31,33	33,10	31,84	33,05	34,35	$5{,}20 \times 10^{-2}$
9254	28,20	29,73	30,60	31,06	31,98	33,07	$7{,}04 \times 10^{-2}$
9253	27,20	29,03	30,20	31,30	32,65	33,53	$1{,}11 \times 10^{-1}$

Fonte: Autores

Sobre estas informações foram aplicados os preceitos da NR17 para identificar as condições de conforto térmico ambiental, indicando que os valores estão muito acima dos valores máximos recomendados. A norma recomenda uma temperatura média

para ambiente laboral de grande permanência da ordem de 23ºC, sendo que os valores encontrados são da ordem de 30ºC.

Infere-se que esta situação confirma a inadequação dos materiais aplicados na envoltória e das condições locacionais da edificação, favorecem um ambiente inadequado para um ambiente com baixo conforto ambiental. Isto posto, como solução para melhora das temperaturas é recomendada a substituição dos materiais de revestimento ou pinturas, proteção das fachadas e das aberturas com brises ou anteparos, arborização externa para melhora do microclima e redução da ilha de calor, e a instalação de sistema de ventilação ou climatização de ar ativo. Estas ultimas devem ser utilizadas de maneira complementar de ajuste térmico, uma vez que gera um consumo energético elevado e impacta na avaliação do desempenho energético durante a vida útil da edificação.

Já para a qualidade do ar, segundo a norma, foi verificada as condições de ventilação cruzada, renovação do ar e a Umidade Relativa (UR) dos espaços internos através das medições locais e por simulações no *OpenStudio/EnerguPlus*, conforme apresentado na Tabela 6. Nesta, os valores apresentam umidades medidas variando entre 64,55% a 72,70%, enquanto nas simulações variaram entre 61,02% a 64,11%, que quando confrontados aos recomendados pela NR17 verifica-se a conformidade já que é exigido valores acima de 40% UR para edificações educacionais.

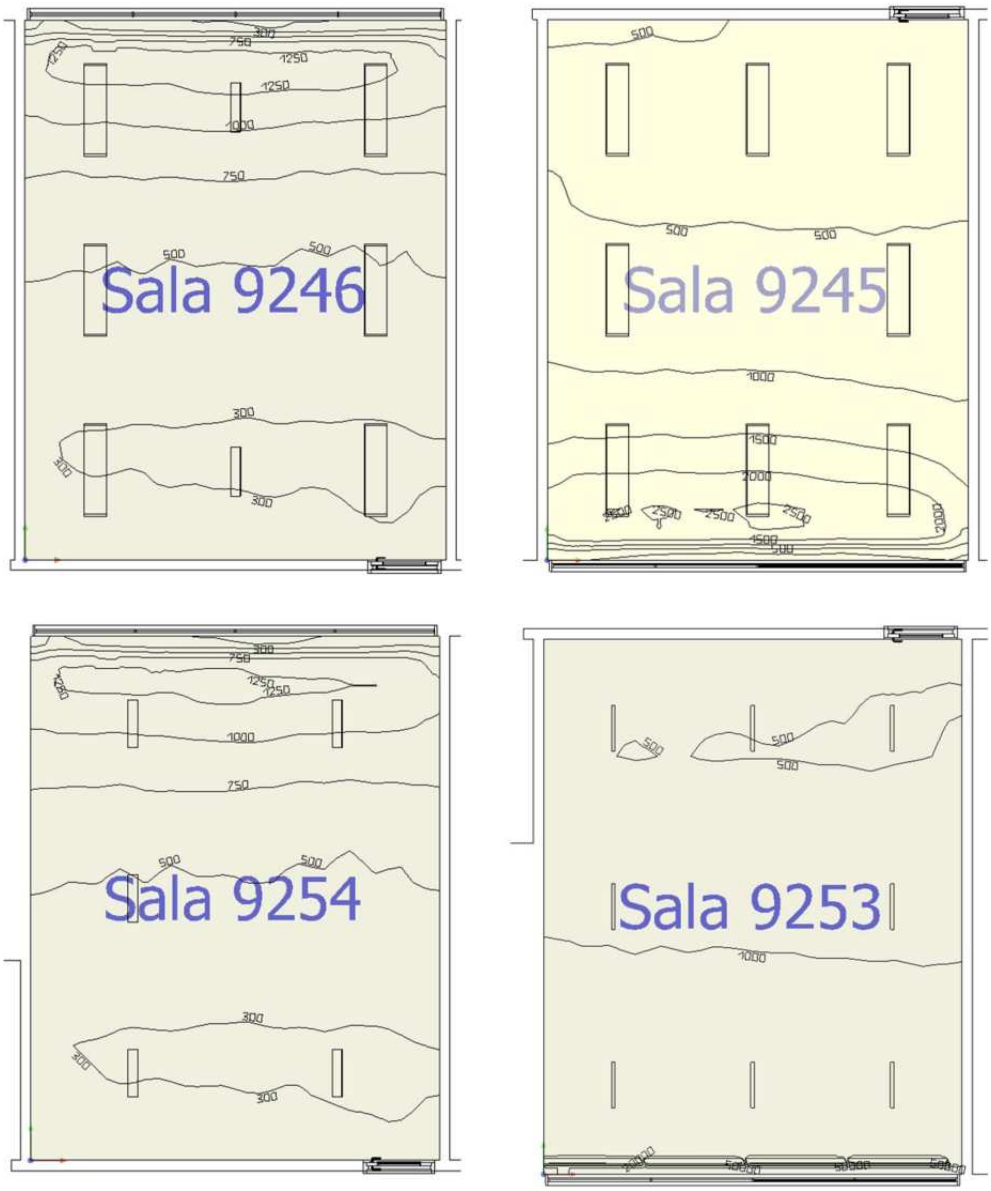
Tabela 6. Resultados da umidade relativa (UR) interna: Medições *in loco* e simulação

Salas	Medições com o Termihigrômetro			Simulações com as ferramentas Revit			Erro relativo $\frac{(x - x')}{x'}$
	Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx	
9246	59,00	64,55	68,00	61,28	63,90	66,94	-1,02E-02
9245	61,00	69,00	75,00	57,55	61,06	63,90	-1,30E-01
9254	65,00	72,10	80,00	59,16	62,26	64,68	-1,58E-01
9253	65,00	72,70	80,00	62,58	64,11	66,70	-1,34E-01

Fonte: Autores

Já para o conforto visual, pode-se avaliar a disposição da iluminação natural na ferramenta *DIALux evo*, verificando se a disposição e o fluxo luminoso estão adequados nas diversas zonas da sala. São apresentadas na Figura 6 (A até D) as linhas isolumínicas para a iluminação natural das salas.

Figura 4. Simulação de Iluminância (lux) para iluminação natural no DIALux evo



Fonte: Autores

Em geral, os resultados mostraram que mesmo sem um projeto luminotécnico adequado, todas as salas atenderam as recomendações da NBR ISSO/CIE 8995/1, que indica uma iluminância acima de 300 lux para o conforto lumínico, sendo seus valores apresentados na Tabela 7.

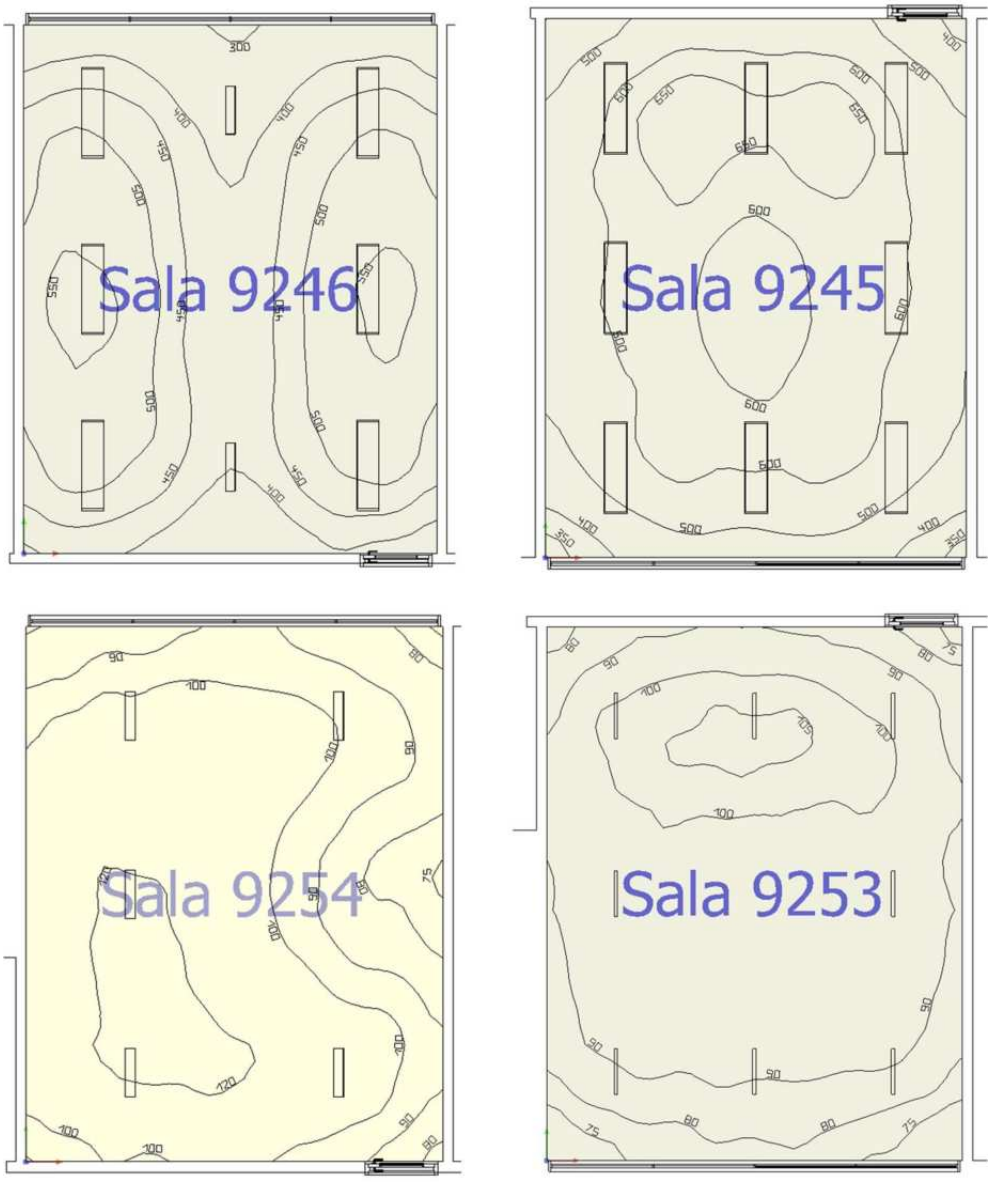
Tabela 7. Iluminância – medições para a iluminação natural

	Iluminância (Lux)			
Posição	9245	9246	9253	9254
Afastamento de 50 cm da janela	1930	1150	1630	1010
Centro da sala	600	715	720	980

Fonte: Autores

Enquanto que para a iluminação artificial, sob os mesmos preceitos, os resultados são apresentados na Figura 5 (A até D), que cotem as linhas isolumínicas para a iluminação artificial das salas. Onde pôde-se verificar que três das quatro salas estava com valor abaixo do recomendado pela NR17 (> 500 lux) para ambientes laborais submetidos a iluminação artificial, podendo gerar desconforto visual por baixa luminosidades para os usuários do período noturno. As medidas e simulações estão na Tabela 8.

Figura 5. Simulação de Iluminância (lux) para iluminação artificial no DIALux evo



Fonte: Autores

Tabela 10. Iluminância – medições para a iluminação artificial

Sala	Iluminação Artificial (Lux)		
	Medição *in loco*	Simulações DIALux	Erro relativo (x – x')/x'
9245	363	540	$3{,}28 \times 10^{-1}$
9246	121	450	$7{,}31 \times 10^{-1}$

9253	151	128	$1{,}80x10^{-1}$
9254	230	140	$6{,}43x10^{-1}$

Infere-se que as diferenças entre a medição e a simulação aconteceu devido as diferenças entre as características entre as lâmpadas instaladas e o existente no catálogo do software, indicando possíveis diferenças entre as especificações de ambas. Outra possibilidade é relativa à vida útil da lâmpada com a queda da eficiência lumínica, que decai com o tempo de uso, diminuindo o fluxo luminoso. Outro ponto é a disposição e tipos de luminárias selecionadas que não atendem aos critérios de projeto, indicando uma necessidade de substituição das unidades luminosas para um modelo de maior potência ou em maior quantidade, luminárias com refletores ou até mesmo o reposicionamento destas para uma maior eficiência lumínica.

CONCLUSÕES

O presente artigo partiu da percepção da importância de conduzir avaliações de desempenho e de conforto através de procedimentos metodológicos adequados para edificações de uso educacional.

O diagnóstico da edificação por meio de simulações e medições da situação atual, mostraram questões quanto ao seu desempenho energético e conforto ambiental para os usuários, destacando problemas na concepção do projeto quanto a locação e na escolha de materiais de construção que não favoreçam o uso por longos períodos. Isto evidencia uma falha na concepção de projetos e escolha de materiais sem a devida consideração do ambiente em que este será inserido, impactando na fase operacional do custo de vida da edificação. Como soluções, pode-se sugerir desde a substituição de materiais por outros de menor transmitância térmica ou o uso de revestimentos ou anteparos que controlem a permeabilidade solar sobre as fachadas e janelas, como brises solares ou vegetação arbórea.

Por fim, tal avaliação nas salas selecionadas foram de grande importância, uma vez que a edificação possui disposição padronizada e regular para todos os pavimentos, tendo os seus sistemas prediais e abertura repetidas em todos os níveis. Ou seja, a avaliação das salas em lados opostos da edificação permitiu um diagnóstico global da edificação no que tange sua locação perante ao caminho solar e direção dos ventos, materiais aplicados em sua construção além das instalações prediais de iluminação.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

[2] _____. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1 - Interior. Rio de Janeiro, 2013b.

[3] _____. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

[4] BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

[5] CARVALHO, P. E. R. Árvore do conhecimento. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2018. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwcawb2102wyiv80166sqfc525pgs.html#.

[6] DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

[7] EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.

[8] ELETROBRÁS; PROCEL. (2013), "Manual para Aplicação do RTQ-C Comecial, de Serviço e publico". Disponivel em :http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual-rtqc_V4.pdf

[9] EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2019** – Ano base 2018: Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_ Final_BEN_2019.pdf.

[10] GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa.** 1.ed. UAB/UFRGS, SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

[11] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 5 ed., 2010.

[12] GONÇALVES JR, F. **Manual BIM: O que você precisa saber sobre essa ferramenta de inovação.** 2018**.** Disponível em https://maisengenharia.altoqi.com.br/noticias/manual-bim-o-que-voce-precisa-saber-sobre-essa-ferramenta-de-inovacao/ : Acesso em 13 nov. 2020.

[13] IBGE. **Relatório de Estação Geodésica**. IBGE. Ilhéus, p. 1. 2018.

[14] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil. **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**, 2010. Disponível em:

http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas. Acesso em: 27 nov. 2019.

[15] LEITNER, D. S.; SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. Post-occupancy evaluation in buildings: a systematic literature review. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, 2019.