



Aplicação de *retrofit* sustentável em edificação educacional com a utilização de BIM

Aniele Lacerda Moreira

Mestranda, Instituto Federal Goiano, Brasil
aniele.lacerda@estudante.ifgoiano.edu.br

Bacus de Oliveira Nahime

Professor Doutor, Instituto Federal Goiano, Brasil
bacusnahime@ifgoiano.edu.br

Eduarda Ferreira de Paula

Graduada de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Brasil
eduardafpaula@gmail.com

Bruna de Oliveira Campos

Professor Mestre, Instituto Federal Goiano, Brasil
bruna.campos@ifgoiano.edu.br

César Pereira Bezerra Filho

Graduada de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Brasil
filho.cesar@hotmail.com

Submissão: 07/12/20223

Aceite: 06/11/2024

MOREIRA, Aniele Lacerda; NAHIME, Bacus de Oliveira; PAULA, Eduarda Ferreira de; CAMPOS, Bruna de Oliveira; BEZERRA FILHO, César Pereira. Aplicação de retrofit sustentável em edificação educacional com a utilização de BIM. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, [S. l.], v. 12, n. 37, 2024.

DOI: [10.17271/23178604123720244368](https://doi.org/10.17271/23178604123720244368). Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/4368. Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Aplicação de *retrofit* sustentável em edificação educacional com a utilização de BIM

RESUMO

Um dos gases mais considerado do efeito estufa é a emissão de CO₂ na atmosfera. O estoque de construção civil está associado a um dos maiores índices de emissão do gás em referência, dessa forma, relacionada diretamente às edificações, a preocupação com a crise energética e com a sustentabilidade ambiental. A proposta *retrofit* apresenta solução para a diminuição do impacto causado pelo setor da construção, agregando renovação e adaptação de construções condenadas. A pesquisa em questão tem como objetivo mostrar a avaliação feita em uma edificação educacional que apresenta patologias consideráveis, necessidade de adaptação à acessibilidade, deficiências energéticas, térmicas e de luminância, além do propósito de desenvolver um layout do projeto *retrofit*, com auxílio de um software de modelagem BIM e expor à instituição propostas relevantes para a melhoria da edificação. Após o desenvolvimento de todo o processo, conclui-se pela relevância do estudo *retrofit*, a importância para o estoque de construção cuja aplicabilidade torna a edificação sustentável, autossuficiente e modelo de construção para o futuro, sendo benéfico à edificação e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Eficiência energética. Building Information Modeling.

Application of Sustainable *Retrofit* in an Educational Building Using BIM

ABSTRACT

One of the most significant greenhouse gases is CO₂ emissions into the atmosphere. The construction stock is associated with one of the highest levels of CO₂ emissions, directly related to buildings, raising concerns about the energy crisis and environmental sustainability. The retrofit proposal offers a solution to reduce the impact caused by the construction sector, incorporating renovation and adaptation of obsolete buildings. This research aims to evaluate an educational building with considerable pathologies, a need for accessibility adaptation, and energy, thermal, and lighting deficiencies. It also seeks to develop a retrofit project layout using BIM modeling software and present the institution with relevant proposals to improve the building. After completing the entire process, the study concludes by highlighting the relevance of the retrofit approach, its importance for the construction stock, and its potential to make buildings sustainable, self-sufficient, and a model for future construction, benefiting both the building and the environment.

KEYWORDS: Sustainability. Energy efficiency. Building Information Modeling.

Aplicación de *Retrofit* Sostenible en un Edificio Educativo con el Uso de BIM

RESUMEN

Uno de los gases más significativos del efecto invernadero es la emisión de CO₂ a la atmósfera. El stock de construcción civil está asociado con uno de los mayores niveles de emisiones de este gas, directamente relacionado con los edificios, lo que genera preocupaciones sobre la crisis energética y la sostenibilidad ambiental. La propuesta de retrofit ofrece una solución para reducir el impacto causado por el sector de la construcción, incorporando la renovación y adaptación de edificios obsoletos. Esta investigación tiene como objetivo evaluar un edificio educativo que presenta patologías considerables, necesidad de adaptación a la accesibilidad, y deficiencias energéticas, térmicas y de iluminación. También busca desarrollar un diseño de proyecto de retrofit utilizando software de modelado BIM y presentar a la institución propuestas relevantes para la mejora del edificio. Tras completar todo el proceso, el estudio concluye destacando la relevancia del enfoque de retrofit, su importancia para el stock de construcción y su potencial para hacer los edificios sostenibles, autosuficientes y un modelo para la construcción futura, beneficiando tanto al edificio como al medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad. Eficiencia energética. Building Information Modeling.



1 INTRODUÇÃO

Um dos temas mais discutidos na atualidade é a sustentabilidade, que está relacionada aos estilos de vidas e vem sendo uma pauta considerada em discussões globais, propondo inúmeras soluções. Um exemplo é o Acordo de Paris, elaborado para tentar diminuir o aquecimento global pela redução de CO₂ na atmosfera, porém, conforme o último relatório da GlobalABC 2020 (*Global Alliance for Buildings and Construction*), *2020 Global Status Report for Buildings and Construction*, grande parte dessa emissão de CO₂, perto de 38%, é causado pelo setor de construção.

De acordo com Sartori (2018), sabe-se que o estoque de construções é responsável por 30% a 40% do consumo energético no mundo, resultando em maior emissão de carbono que o setor de transporte.

É necessário que medidas mais elaboradas sejam traçadas para o setor. GlobalABC (2020) destaca que na maioria dos países o estoque de edificações existente é muito grande e que a implementação de estímulos para as reformas seria de grande importância, na tentativa de cumprir as metas estabelecidas.

O *retrofit* apresenta-se como solução para alcançar esse objetivo, visto que a implementação de estratégias de *retrofit* proporciona benefícios econômicos e melhora a qualidade do ambiente interno (ALI; HASHLAMUN, 2019). Além disso, para Sarihi *et al.* (2021), o consumo de energia pode ser minimizado por meio de ações de *retrofit*, desde que as medidas sejam personalizadas de acordo com as condições climáticas e as características do edifício, obtendo melhor desempenho energético.

Conivente com a escassez de espaço e sua reutilização, é apresentado o conceito de *retrofit*, habitualmente utilizado na construção civil no processo de revitalização de edifícios, com enfoque na sustentabilidade e na modernização dos ambientes.

A norma brasileira NBR 15575-1, 2013, define *retrofit* como a “remodelação ou a atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando a valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética”.

Em grandes cidades no Brasil, há a criação de leis como incentivos fiscais para estimular a requalificação de prédios antigos (*retrofit*). Como exemplo, a prefeitura da cidade de São Paulo criou a Lei n.º 17.577, de 20 de julho de 2021, tendo como objetivo estimular maior oferta de imóveis habitacionais para adensar o centro e resgatar a vocação de ambientes atraentes para investimentos. A lei inclui isenções de Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) por cinco anos para as edificações que passarem por esse processo, além de redução da alíquota de impostos, como Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) e Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) para 2%. O programa é uma iniciativa importante para o desenvolvimento da região central da cidade de São Paulo, podendo contribuir para atrair investimentos e promover a requalificação de edificações antigas, tornando a região mais atrativa para moradores e visitantes.

Segundo Moraes e Quelhas (2012), a reabilitação não se limita apenas a edificações antigas, mas, também quando há interesse do empreendedor pela substituição de sistemas



prediais ineficientes ou inadequados em consequência de erro do projeto ou falha na execução, de mudança de uso de imóvel ou também quando as edificações estão inacabadas e/ou abandonadas. Nesse sentido, Croitor (2009, p.1) destacou alguns fatores que justificam o uso do processo do *retrofit*.

Sendo: a) aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e localização; b) impacto nas paisagens urbanas; c) déficits habitacionais e sustentabilidade ambiental, e, d) mais economia e eficiência do que a demolição seguida de uma reconstrução.

Segundo Gritti e Landini (2010), uma construção sustentável consiste em um sistema construtivo que procura atender às necessidades do homem moderno com qualidade de vida e preservação do meio ambiente, reduzindo os impactos ambientais. A construção urbana moderna sustentável utiliza materiais naturais, reciclados ou não, que preservam o meio ambiente, buscando soluções para os problemas criados.

Doug Gatlin, vice-presidente do *US Green Building Council*, explica que para o *retrofit* ser considerado sustentável, é necessário atualizar determinada edificação para melhorar a performance energética, reduzir o consumo de água e aprimorar os espaços internos em termos de iluminação natural, qualidade do ar e do ruído (BU *et al.*, 2015).

Visando o conceito de sustentabilidade e a preocupação com os impactos ambientais causados pela construção civil, seja uma construção nova ou uma reforma detalhada, o mercado buscou um processo de certificação de construções sustentáveis.

Segundo Oliveira e Faria (2019), sistemas de certificações de construções sustentáveis são comuns em países europeus, bem como nos Estados Unidos, Japão, Canadá, Austrália e Hong Kong.

A Figura 1 apresenta as quantidades de aplicações e certificações para os sistemas que disponibilizam essas informações em seus websites. No caso do sistema LEED, a informação quanto ao número de aplicações e certificações, referentes a empreendimentos no Brasil, apresenta divergência entre o website americano e o brasileiro, razão pela qual são apresentadas as duas versões.

Figura 1 - Tabela de certificações em construções sustentáveis

Sistema	Origem	Número de aplicações	Número de certificações	Aplicações no Brasil	Certificações no Brasil
BREEAM	Reino Unido	2.260.390	557.559	3	2
HQE	França		380.000		
LEED	EUA	104.148	55.043	708	339
LEED BRASIL	EUA			1.226	400
NABERS	Austrália		4.504		
Green Globes	EUA		1.418		
DGNB	Alemanha	1.279	711		
CASBEE	Japão		541		
HK BEAM	Hong Kong	917	534		
AQUA	Brasil			155	11

Fonte: Oliveira e Faria, 2019.



As certificações são atribuídas à quantidade de pontos obtidos em cada uma das nove categorias avaliadas, sendo elas, Processo Integrativo, Localização e Transporte, Terrenos Sustentáveis, Eficiência Hídrica, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade do Ambiente Interno, Inovação, Processos e Prioridade Regional (GBC Brasil, 2017).

Portanto, o processo *retrofit* em geral, visa como resultado uma ‘certificação verde’, garantindo as exigências globais que tal construção possa ser considerada sustentável.

Tratando-se de medidas preventivas, existe a relação da eficiência energética, fortes políticas de eficiência energética são vitais para alcançar metas de redução de contas de energia, mitigar problemas relativos a alterações climáticas, poluição atmosférica local e confiabilidade no atendimento energético.

Contextualizando a preocupação do Brasil com a eficiência energética, pode-se citar o Plano Nacional de Eficiência Energética (MME, 2011), em que são definidas ações de eficiência energética de diversas naturezas, culminando na redução de energia necessária para atender as demandas da sociedade, por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária, portanto, menor impacto na natureza.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), a eficiência energética pode ser atributo inerente à edificação, representante de potencial para possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários, com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Sendo assim, muito se fala e preocupa-se com o consumo energético, pensando nisso, o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) tem investido na conscientização das pessoas em relação ao desperdício de energia, e um dos programas do PROCEL lançou o Selo de Eficiência Energética, que pode ser usado como comparativo entre diversos equipamentos eletrodomésticos.

Por conseguinte, pode-se observar que a preocupação com a eficiência energética estende-se além dos eletrodomésticos e automóveis, chegando às edificações e construções, em que se buscam meios para estabelecer metas na edificação, sejam elas existentes ou não, procurando meios e conceitos para chegar ao objetivo principal, que se resume em eficiência.

Ainda quanto à preocupação ao meio ambiente, é importante salientar que no Brasil são gerados aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, e aproximadamente 48 milhões de toneladas, quase 60% são resíduos gerados pela indústria da construção (ABRELPRE, 2023). Enquanto a geração de resíduos é acentuada, a demanda por agregados causa o aumento do uso dos recursos naturais, levando à utilização de materiais alternativos. Nesse contexto a preocupação quanto ao uso de materiais alternativos, reciclagem e reutilização de materiais na indústria da construção, vem se tornando essenciais (STRIEDER *et al.*, 2023).

O objetivo desta pesquisa é coletar dados iniciais de uma edificação existente, catalogando suas patologias e a necessidade de uma remodelação do layout para torná-la eficiente energeticamente, além de apresentar um projeto utilizando a modelagem pelo software que utiliza a plataforma BIM, com todos os aspectos visíveis que podem ser alterados para tornar a edificação sustentável.



O escopo deste projeto justifica-se pela necessidade que a edificação estudantil tem de melhorar sua eficiência energética e adaptá-la à acessibilidade e à sustentabilidade, melhorando a vida útil geral da construção, tornando-a uma construção do futuro, autossuficiente e exemplo para os demais pavilhões da Instituição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A edificação escolhida para o desenvolvimento do trabalho foi o pavilhão pedagógico I (PPI), do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, com aproximadamente 3.000m² de construção, cuja sugestão partiu dos gestores da instituição. O PPI pode ser visualizado na parte superior da Figura 2.

Figura 2 – Visão superior do Pavilhão Pedagógico I (PPI).



Fonte: Google Maps, 2023.

O estudo foi iniciado em campo, com levantamento de dados necessários para fazer a análise da edificação e o layout do projeto. As avaliações iniciais foram feitas no período de 26 de março de 2021 a 01 de maio de 2021. Nessa primeira etapa da pesquisa, foi feita uma avaliação inicial nas 32 salas no edifício, sendo realizado registro fotográfico, mapeamento das salas e identificação das patologias verificadas visualmente, bem como o levantamento arquitetônico das salas.

Junto com a vistoria foram feitas medições quanto a ruído, iluminação e temperatura. Para essas avaliações foram utilizados os equipamentos decibelímetro digital portátil ITDEC-4000, luxímetro digital modelo ICEL LD-800 e câmera termográfica Fluke TiS60+76800.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação sonora, de temperatura e luminância

Para essa primeira etapa foram escolhidas 7 salas de aulas como amostragem para as medições com os equipamentos retromencionados. A Tabela 1 exibe os dados coletados.



Tabela 1. Medição sonora, luminosidade e temperatura.

Ambiente	Ruído (dB)	Luminosidade		Temperatura				Teto
		Lâmpadas Apagadas (Lux)	Lâmpadas Acesa (Lux)	Parede 1 (Janela) (°C)	Parede 2 (Porta) (°C)	Parede 3 (Lado esquerdo da porta) (°C)	Parede 4 (Lado direito da porta) (°C)	
Sala de aula 01	39.4	369.8	Máx	28.9	29.1	28.3	29.0	33.4
Sala de aula 02	39.4	46.6	176.9	28.6	29.1	28.9	29.0	34.0
Sala de aula 03	39.4	57.6	196.8	29.9	30.6	29.9	30.2	34.4
Sala de aula 04	39.4	67.8	238.3	29.5	30.3	29.7	29.8	36.8
Sala de aula 05	37	150.6	330.4	29.9	30.3	30.3	30.5	33.8
Sala de aula 06	37	195.4	390.6	29.6	29.9	30.5	29.9	34.8
Sala de aula 07	37	241.8	Máx	29.8	30.1	30.3	30.0	32.5
Sala de Informática	37	78.8	195.2	29.7	30.2	30.6	30.3	33.8
Circulação – Trecho 1	39.4	22.5	113.8	27.5	28.6	28.9	28.9	35.0
Circulação – Trecho 2	39,4	Máx			28.9	28.9	28.9	35.0
Circulação 2	39.4	309	Máx	32.4	31.1	29.4	29.2	34.0

Fonte: Autores, 2023

Observou-se com base nos dados levantados, tabela 2, que tratando da verificação sonora, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10152:2017, o limite aceitável para as salas de aula seria de 50dB, para a norma inglesa seria de 40dB. Os valores encontrados estão no limite, porém cabe destacar que essa medição foi feita no período da pandemia e não havia aulas presenciais, prejudicando a precisão do dado.

Quanto à luminosidade, a NBR 8995 – 1 / 2013 determina que salas de aula para adultos, o ideal é de 300 a 500 lux, sendo assim, os valores encontrados mostram que algumas salas estão deficientes.

A temperatura na parte externa da edificação era de 34,3°C, dentro das salas de aula houve a variação de 28.3°C a 30.6°C. Para a temperatura, a NR17 brasileira e a EN15251 estabelecem a variação aceitável de 20 a 23°C e 19 a 27°C, respectivamente, como temperaturas adequadas para aprendizado, sendo assim, a edificação apresenta temperatura mais elevada do que o ideal, sendo necessário melhoria no conforto térmico.

3.2 Levantamento de informações

Junto com o levantamento dos elementos físicos apontados acima, foram catalogadas as manifestações patológicas visíveis nas salas de aulas e os principais fatores de deficiência energética.

Foi feita uma amostragem dos principais pontos a serem abordados no projeto para a realização da modelagem e a adaptação para uma construção sustentável. Dessa forma, para facilitar a visualização, a marcação sinaliza os pontos em destaque em letras acima da planta baixa da edificação, fornecida pela diretoria da instituição. Aproveitou-se para a conferência

métrica de todo o projeto para fazer as correções necessárias e aplicar o *retrofit* baseado do projeto real.

Figura 3 – Planta Baixa PPI Fonte: Acervo Instituição.



Fonte – Acervo da Instituição, 2021.

A Figura 3 mostra a planta baixa da edificação, composta por 33 salas com aproximadamente de 60m² cada. Na própria planta foi realizada a marcação dos pontos mais relevantes observados a olho nu para diagnóstico do projeto. Seguem as considerações referentes à Figura 3.

Figura 3A - Fachada



Fonte: Autores, 2021

Na Figura 3A, pode-se notar a forte incidência solar na fachada da instituição, que influencia nas altas temperaturas nas sala de aula.

Figura 3B - Pátio



Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 3B, nota-se a falta de utilização do pátio central da edificação, além da falta de arborização, que poderia estar presente neste espaço.

Figura 3C – Corredor



Na Figura 3C, observa-se a falta de iluminação no ambiente, além da falta de ventilação natural.

Fonte: Autores, 2021.

Figura 3D – Sala



Na Figura 3D, observa-se alta incidência solar na sala de aula, justificando as altas temperatura catalogadas.

Fonte: Autores, 2021.

Figura 3E – Sala



Na Figura 2E, nota-se como uma das justificativas pela alta temperatura no ambiente o uso de ventiladores de parede para climatizar, havendo ainda na maioria dos ambientes aparelhos antigos de ar-condicionado, acarretando deficiência quanto ao conforto térmico.

Fonte: Autores, 2021.

Figura 3F – Infiltração e Instalação antiga



Na Figura 3F, pode-se observar o alto índice de infiltração na parede, uma instalação antiga de energia, que acarreta alto consumo energético mensal. Foi feito um levantamento junto à diretoria e verificou-se que o consumo mensal da edificação chega em média a 7850 kWh.

Fonte: Autores, 2021

Figura 3G – Corredor



Fonte: Autores, 2021

Na Figura 3G, nota-se, assim como na Figura 2C, falta de iluminação e ventilação natural para circular no ambiente.

3.3 Soluções propostas

Após o levantamento físico feito com medição sonora, de temperatura, luminância e o levantamento fotográfico, foi elaborado o diagnóstico do pavilhão e a lista das possíveis medidas a serem tomadas para restaurar e readaptar toda a edificação para tornar uma construção sustentável, acessível e autossuficiente.

Esta lista possibilitou fazer o projeto no software de modelagem BIM para apresentar à diretoria para aprovação. Com base em todos os elementos listados acima e nas falhas mensuradas e, em conjunto com uma equipe executora, foram montados os principais pontos a serem modificados no pavilhão.

Sendo Brise na fachada, para diminuir a incidência solar; A adaptação de paredes de cobogós em todos os corredores para aumentar a luz e ventilação natural; Troca de todo o sistema de climatização da edificação por um moderno e sustentável; Troca das esquadrias das salas para auxiliar na incidência e na climatização; Troca do sistema energético da edificação por um sistema sustentável, como sistema fotovoltaico ou similar; Realizar todo o procedimento de reforma com o conceito de construção enxuta, diminuindo a poluição ambiental; As futuras instalações elétricas deverão ser externas aparentes para que haja menor quantidade de entulho possível, remover os vidros do corredor substituindo-os por dispositivos que absorvem som.

Com base no levantamento feito nas ponderações sugeridas pela diretoria do ensino, foi desenvolvido um processo de revitalização do projeto arquitetônico do pavilhão, adicionando ao projeto o escopo das exigências sugeridas, adequando-o a todas as necessidades apontadas e relatadas.

3.4 Projeto do *retrofit* proposto

Após a listagem dos principais pontos a serem modificados na edificação, foi desenvolvido o *layout* da edificação no software de modelagem BIM para facilitar a amostragem e melhorar a apresentação para o corpo docente. Foi escolhido o software REVIT, da Autodesk, além de uma facilidade intuitiva, por se tratar de um modelo virtual, é possível utilizar

informações reais para analisar conflitos de projeto, ou seja, conseguindo elaborar os projetos complementares e manter a conexão com o projeto principal.

Desta forma, visam desenvolver e elaborar um estudo de *retrofit* interligado à sustentabilidade, destacando os valores culturais e a reutilização do que já está construído, poupando recursos e energia. A reabilitação deve ser compreendida como uma chance de fomentar a sustentabilidade ambiental, possibilitando a integração da preservação do patrimônio, a atualização das condições de funcionamento e conforto, e aprimorar o desempenho ambiental (LIMA; BRAGANÇA; MATEUS, 2012)

Na sequência, as imagens virtuais 3D, do software de modelagem BIM, com as alterações feitas que podem ser visualizadas através do projeto arquitetônico.

Figura 4 – Fachada Renderizada.



Fonte: Autores.

Na Figura 4, observa-se a adaptação da fachada norte, com o *brise soleil*, quebra sol, elemento que protege o interior de um ambiente da incidência da luz solar.

Figura 5 – Norte do PPI.



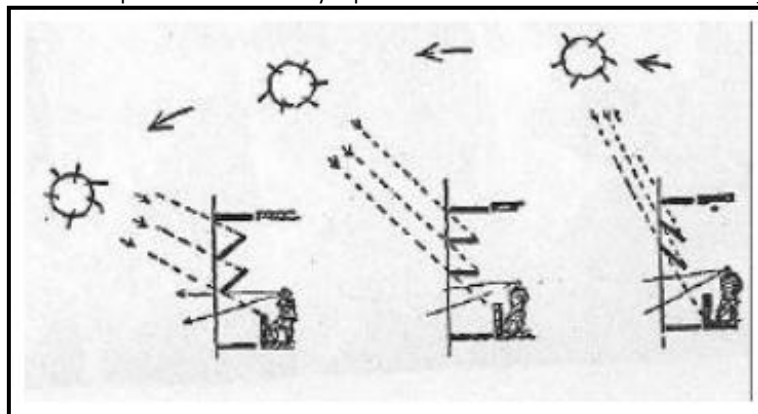
Fonte: Google Maps, 2021

Na Figura 5, nota-se que o norte verdadeiro refere-se à fachada principal, justificando a escolha, especificamente da fachada a ser trabalhada, como o Brasil está localizado no

hemisfério sul, ter uma das faces do imóvel voltada para o norte significa mais sol durante o dia. Porque o sol nasce a leste e permanece mais ao norte durante o dia, pondo-se a oeste, portanto é na fachada norte que haverá maior incidência solar, logo, é esse ponto que precisa ser trabalhado, e uma das estratégias é aplicar o *brise soleil* na fachada principal.

Segundo Forte (2019), o *brise soleil* é um elemento arquitetônico cuja função é minimizar a incidência do sol sobre determinada área, evitando problemas de superaquecimento, representando importante recurso para o controle dos ganhos de calor, com redução nos sistemas de condicionamento de ar.

Figura 6 – Desenho esquemático de Niemeyer para o brise soleil do Ministério da Educação e Saúde.



Fonte: Goodwin, 1943.

Na Figura 6, como ilustrado por Niemeyer, é possível observar o funcionamento interno de um *brise soleil*, tendo como resultado uma eficiência energética considerável que implicará em alcançar mais conforto térmico, e conseqüentemente, a diminuição do uso do ar-condicionado, acarretando menor consumo de energia elétrica, ou seja, de consumo energético.

A sugestão da equipe executora é a instalação de uma usina fotovoltaica, visto que há grande área à disposição, e a direção permitiria estender a instalação das placas até os estacionamentos, podendo ser usado como cobertura para os carros, ficando a sugestão para um projeto futuro, podendo ser anexada a este estudo uma usina fotovoltaica para o pavilhão pedagógico I.

Figura 7A e 7B – 7A Fachada real; 7B Render da fachada proposta.



Fonte: Autores, 2021

As Figura 7 A e B mostram a diferença entre a fachada real e a proposta *retrofit*, destacando os *brise soleil* e o pergolado da fachada, que, além da estética moderna, é contextualizada a utilização de elementos estéticos para trabalhar com o problema de incidência solar, tornando o ambiente mais arejado e iluminado naturalmente, por consequência, uma edificação sustentável, com eficiência energética e de iluminação.

Na Figura 8, é possível visualizar a utilização dos cobogós no lugar de janelas de vidro de pequenas dimensões, propiciando ao ambiente mais ventilação e mais luz natural, tornando mais eficiente energeticamente, visto que irá diminuir a necessidade de iluminação, além de tornar o ambiente de passagem mais agradável e arejado.

O uso dos elementos vazados proporciona racionalização da construção, aportando ventilação, iluminação e controle solar como agentes de qualidade e conforto ambiental. Empregando-o de forma adequada nos ambientes, espera-se a melhora do índice de qualidade do ar através da troca constante deste. É recomendável para criar ambientes salubres que reduzem gastos energéticos, com redução no uso da climatização artificial.

Nos corredores a escolha é feita seguindo a mesma estética de design da fachada, trazendo, além de conforto térmico, modernização e harmonização entre os ambientes.

Em busca de soluções e de adoção de práticas sustentáveis à proposta de *retrofit*, vem a utilização de materiais sustentáveis. Materiais que aprimorem a durabilidade, o desempenho e contribuam com o objetivo de alcançar sustentabilidade para a edificação. A sugestão é que utilizem agregados reciclados na substituição de agregados naturais, na confecção dos elementos vazados. O processamento desses agregados requer menor gasto de energia se comparados com os naturais, menor custo por causa da disponibilidade. O seu uso é uma maneira eficaz de diminuição de impactos ambientais.

Figura 8 – Vista 3D Renderizada do pátio principal.

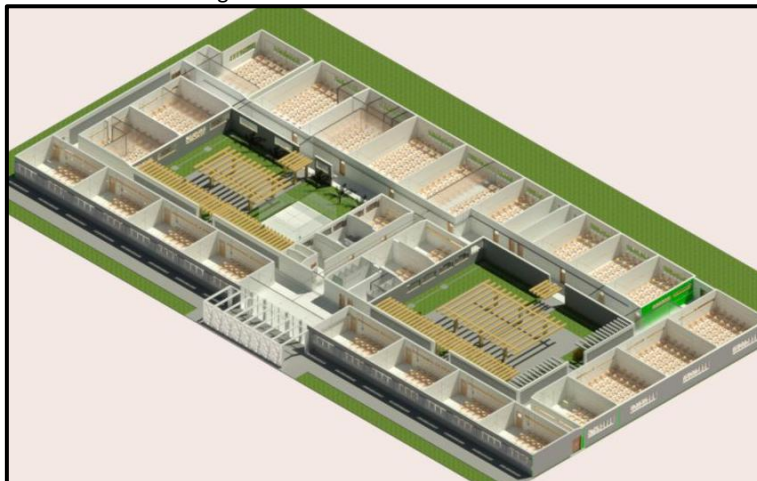


Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 8, ainda é possível visualizar o novo conceito sugerido para o pátio que tornará um ambiente de confraternização e troca de experiências entre os usuários, além de melhor aproveitamento do espaço com mais arborização e com pergolados centrais, podendo futuramente ter banquetas e mesas para os alunos. O espaço conta também com uma sala 24 horas, e os alunos podem ter um espaço privado no pavilhão para ficar entre as folgas de horários e continuar estudando.

Uma opção sugerida em projeto para o piso abaixo dos pergolados é a utilização de concreto permeável, que se caracteriza por alta porosidade, sendo possível alcançar pela diminuição do uso de agregados miúdos e uma proporção maior de agregados graúdos. O vazio dentro do concreto permite que a água flua, tornando uma solução ecológica para a aplicação.

Figura 9 – Vista Geral 3D Renderizada.



Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 9, tem-se uma visão geral da vista 3D de como ficaria o pavilhão pedagógico I após a modelação de *retrofit* e as adequações realizadas pela equipe executora para tornar a edificação sustentável. Na imagem, observa-se uma modelagem na fachada que emprega um pergolado com o mesmo design dos cobogós internos, nota-se a modernização e revitalização



dos pátios de conexões, trazendo mais arborização e os pergolados para um lugar de convivência harmoniosa com a natureza e alunos.

4 CONCLUSÃO

Percebe-se a importância da conscientização ambiental e sustentável perante todos os cenários, sendo que tal proposta precisa vigorar não somente para as construções futuras, mas nos estoques de construção, no que se refere às edificações antigas que ainda representam grande gasto energético e fonte de elevado percentual de emissão de CO².

Portanto, a metodologia e estudo *retrofit* vêm para auxiliar na remodelação e adaptação dessas edificações, tornando-as sustentáveis e ecologicamente corretas, por fim, eficientes energeticamente. E, com o estudo apresentado pode-se garantir que após o *retrofit* aplicado, o Pavilhão Pedagógico I tornará uma construção sustentável, autossuficiente, além de moderno e sofisticado.

Após o desenvolvimento da remodelação *retrofit*, o pavilhão terá eficiência energética, pela otimização de consumo, e os *brises soleil* e os *cobogós* acarretam menor custo, além da substituição por energia renovável, os mesmos elementos estruturais propostos terão como consequência de sua aplicação a eficiência acústica e de iluminação, passando o prédio a ser referência de uma construção do futuro. Lembrando que a proposta incide que todo o processo de demolição e de reforma sejam realizados de acordo com o conceito de construção enxuta, para ter menor impacto ambiental e menor acúmulo de entulho.

O projeto arquitetônico apresentado com o software de modelação BIM é apenas a primeira etapa de um estudo extenso, podendo ter como anexo os projetos complementares com estudos mais aprofundados para detalhar todas as etapas do estudo *retrofit*, por este motivo é importante utilizar o BIM, para que todos os anexos sejam compartilhados na mesma plataforma.

Nesta primeira etapa o resultado da aplicação do *retrofit* no projeto arquitetônico foi uma construção sustentável que alcançou o objetivo principal de todo o escopo desenvolvido.

5 REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: Abrelpe, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10152:2017 - Acústica - Procedimento para medição de níveis de pressão sonora em ambientes internos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575 – 1: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8995-1:2013 - Iluminação de locais de trabalho - Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALI, H.; HASHLAMUN, R. **Envelope retrofitting strategies for public school buildings in Jordan**. Journal of Building Engineering 25 (2019) 100819.



BU, S.; SHEN, G.; ANUMBA, C.J.; WONG, A. K. D.; LIANG, X. **Literature review of green retrofit design for commercial buildings with BIM implication.** Smart and Sustainable Built Environment, v. 4, n. 2, p. 188- 214, 2015.

Construindo um Brasil Sustentável – GBC Brasil. (2017). **Construindo um futuro sustentável.** Recuperado em 20 de setembro de 2017, de <http://www.gbcbrasil.org.br/empreendimentos-leed.php>

CROITOR, E. P. N.; MELHADO, S. B. A. **Gestão de Projetos Aplicada à Reabilitação de Edifícios: Estudo da Interface entre Projeto e Obra.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2009.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 15251:2020 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings. Brussels: CEN, 2020.

FORTE, G.S. **Elementos de sombreamento – Ferramenta de apoio projetual.** Dissertação de Trabalho de Curso Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, 2019.

GOODWIN, Philip L. **Brazil Builds.** New York: The Museum of Modern Art, 1943.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION (GlobalABC). 2020 **Global Status Report for Buildings and Construction.** Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT. Acesso em: dez. 2021.

GRITTI, G.C.M; LANDINI, M. C., **Construção Sustentável: Um opção racional.** Dissertação de Trabalho de Conclusão de Curso Universidade São Francisco, Itatiba 2010.

STRIEDER, H. L.; DUTRA, V. F. P.; GRAEFF, Â. G.; and NÚÑEZ, W. P.; MERTEN, F. R. M. **Performance evaluation of pervious concrete pavements with recycled concrete aggregate.** Construction and Building Material, v.315, 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** [3.ed] Rio de Janeiro, 2014.

LIMA, F.; BRAGANÇA, L., MATEUS, R., **Edifícios antigos: reabilitação low cost.** In: Comunicação a Conferências Nacionais 2012, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2012.

MORAES, V. T. F., QUELHAS, O. L. G. **"Retrofit": criação e implantação de estratégias sustentáveis no uso e manutenção de edificações existentes.** XIV ENTAC - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Juiz de Fora, 2012.

MME - Ministério de Minas e Energia, **Plano nacional de eficiência energética - Premissas e Diretrizes Básicas.** Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. Norma Regulamentadora No. 17 (NR-17) - Ergonomia. Brasília: MTE, 2020.

OLIVEIRA, J. C.; FARIA, A. C. (2019). **Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão.** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11, e20180031. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO06>

SÃO PAULO (SP). Lei nº 17.577, de 20 de julho de 2021. **Dispõe sobre o Programa Requalifica Centro, estabelecendo incentivos e o regime específico para a requalificação de edificações situadas na Área Central, e dá outras providências.** Diário Oficial da Cidade de São Paulo, São Paulo, 20 jul. 2021.

SARTORI, T. G.. **Medidas de retrofit em edifícios típicos existentes de um bairro: desempenho e avaliação do ciclo de vida energético.** Dissertação Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, 2018.

SARIHI, S.; SARADJ, F. M.; FAIZI, M. **A Critical Review of Façade Retrofit Measures for Minimizing Heating and Cooling Demand in Existing Buildings.** Sustainable Cities and Society 64 (2021) 102525.