



**INSTITUTO FEDERAL
GOIANO**
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO RETROFIT APLICADO AO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS RIO VERDE, GO, COM APLICABILIDADE EM SOFTWARE DE PROJETO COM TECNOLOGIA BIM

EDUARDA FERREIRA DE PAULA

Rio Verde, GO

2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO RETROFIT APLICADO AO PAVILHÃO
PEDAGÓGICO I DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO,
CAMPUS RIO VERDE, GO, COM APLICABILIDADE EM
SOFTWARE DE PROJETO COM TECNOLOGIA BIM**

EDUARDA FERREIRA DE PAULA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal Goiano –
Campus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Bacus de Oliveira Nahime

Rio Verde – GO
Fevereiro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

DE PAULA, EDUARDA
DP324e ESTUDO RETROFIT APLICADO AO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I
DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS RIO VERDE, GO,
COM APLICABILIDADE EM SOFTWARE DE PROJETO COM
TECNOLOGIA BIM / EDUARDA DE PAULA; orientadora DR.
BACUS NAHIME . -- Rio Verde, 2022.
54 p.

TCC (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. RETROFIT. 2. SUSTENTABILIDADE. 3. BIM. I.
NAHIME , DR. BACUS, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: EDUARDA FERREIRA DE PAULA

Matrícula: 2015102200840622

Título do Trabalho: "ESTUDO RETROFIT APLICADO AO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS RIO VERDE, GO, COM APLICABILIDADE EM SOFTWARE DE PROJETO COM TECNOLOGIA BIM"

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/07/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, Go
Local

, 11/05/2022.
Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 12/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) **dez** dia(s) do mês de março de 2022, às 18:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Bacus de Oliveira Nahime (orientador), Michell Macedo Alves (membro), Fausto Arantes Lobo(membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "ESTUDO RETROFIT APLICADO AO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS RIO VERDE, GO, UTILIZANDO MODELAGEM BIM" do(a) estudante EDUARDA FERREIRA DE PAULA, Matrícula nº 2015102200840622 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

(Nome do professor)

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

(Nome do membro)

Membro

Fausto Arantes Lobo

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Michell Macedo Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/03/2022 20:03:23.
- **Bacus de Oliveira Nahime**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/03/2022 20:01:23.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 365611

Código de Autenticação: f58c851cc9



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

“Mesmo quando tudo desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir.”

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os mestres que acompanhei durante a faculdade, pois todos de alguma forma contribuíram para meu desempenho nessa etapa.

Aos meus familiares e amigos, que me incentivaram, me apoiaram e foram compreensivos na minha ausência.

Ao meu esposo e companheiro, que sempre esteve ao meu lado me dando o suporte necessário.

Um agradecimento especial ao meu filho Luca, que foi minha maior motivação para finalizar essa etapa.

Pra finalizar, um agradecimento grandioso a Deus, costumo dizer que não gosto de enumerar os agradecimentos em 1º, 2º ou 3º lugar, porque Deus é onipresente, e sua graça está presente em todos os demais agradecimentos. Ele se faz presente quando agradeço aos meus mestres, familiares, esposo e ao meu filho. Obrigado, Pai, por me abençoar e nunca me desamparar.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Eduarda Ferreira de Paula, nascida em 28 de maio de 1996 na cidade de Santa Vitória, Minas Gerais, filha de América Clemente de Paula Ferreira e Onízio Ferreira de Jesus. Ingressou no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Federal, Campus Rio Verde, GO, no curso bacharelado em Engenharia Civil no ano de 2015, realizando a defesa de seu trabalho de conclusão de curso no ano de 2022.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Histórico e conceitos <i>retrofit</i>	15
1.2 <i>Retrofit</i> sustentável	16
1.3 Aspectos técnicos do processo <i>retrofit</i>	17
1.4 Modelagem com software de projeto com tecnologia BIM	18
1.5 Atividade desenvolvida.....	20
2 OBJETIVOS	24
OBJETIVO GERAL	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO I	25
RESUMO.....	25

1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 DIAGNÓSTICO PARA REABILITAÇÃO DO PAVILHÃO.....	27
2.2 PLANTA BAIXA DESENVOLVIDA EM METODOLOGIA BIM.....	31
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO II.....	40
RESUMO.....	40
1 INTRODUÇÃO	41
2 DESENVOLVIMENTO	43
2.1 Avaliação sonora, temperatura e luminância.....	44
2.1 Levantamento patológico e deficiência energética.....	45
2.3 Diagnóstico	47
2.4 Projeto <i>retrofit</i> proposto.....	48
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	52
RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS TRABALHOS.....	54

ÍNDICE DE TABELA

	Página
CAPÍTULO I	
Tabela I – Classificação de acordo com os níveis de intervenção.....	18
CAPÍTULO II	
Tabela I – Certificações em construções sustentáveis	42
Tabela 2 – Medição sonora, luminosidade e temperatura	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1 – Projeto Pavilhão Pedagógico I.....	29
Figuras 2 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, Patologias e análises verificadas no pavilhão	30
Figuras 3 a, b, c, Projeto desenvolvido no Revit	33
Figuras 4a, b, c Fachada Antes/ Render software de projeto com tecnologia BIM....	36
Figuras 5a, b Corredor Antes / Render software de projeto com tecnologia BIM.....	37
Figura 6a, b Pátio Antes / Render software de projeto com tecnologia BIM.....	37
Figura 7a, b Fachada estendida antes/ Render Revit fachada estendida depois	38
CAPÍTULO II	
Figura 1 – Visão Superior Pavilhão Pedagógico I (PPI)	44
Figura 2 – Planta baixa PPI	45
Figura 2 A – Fachada	46
Figura 2 B – Pátio	46
Figura 2 C – Corredor	46
Figura 2 D – Sala	46
Figura 2 E – Sala	46
Figura 2 F – Infiltração e Instalação antiga	47
Figura 2 G – Corredor	47

Figura 3 – Fachada Renderizada	48
Figura 4 – Norte PPI	49
Figura 5 – Desenho esquemático de Niemeyer para o brise soleil do Ministério da Educação e Saúde	49
Figura 6 A, B – Fachada real x Render Fachada Proposta	50
Figura 7 – Vista 3D dos corredores do pavilhão	50
Figura 8 – Vista 3D Renderizada do pátio principal	51
Figura 9 – Vista Geral 3D Renderizada	51

RESUMO

PAULA, Eduarda Ferreira de. **Estudo retrofit aplicado no pavilhão pedagógico I do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde GO, com aplicabilidade em software de projeto com tecnologia BIM.** 2022. 00p Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

Associada à preocupação com a crise energética e com a sustentabilidade ambiental, a busca pela renovação e adaptação de edificações condenadas pela sua eficiência vem conquistando o mercado, em se tratando do processo Retrofit, que visa a manter a identidade do estabelecimento, adequando-o às condições estabelecidas pela construção do futuro. Esta pesquisa visa a desenvolver um projeto Retrofit, com auxílio da modelagem BIM, do pavilhão pedagógico I da Instituição, com o intuito de trazer melhorias acústicas, térmicas e energéticas para melhor desempenho e uso dos integrantes do instituto, tornando, assim, o pavilhão sustentável, autossuficiente e modelo de construção do futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Retrofit; sustentabilidade; BIM.

ABSTRACT

PAULA, Eduarda Ferreira de. **Estudo retrofit aplicado no pavilhão pedagógico I do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde GO, com aplicabilidade em software de projeto com tecnologia BIM.** 2022. 00p Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

Associated with the concern with the energy crisis and environmental sustainability, the search for the renovation and adaptation of buildings condemned for their efficiency, has been conquering the market when it comes to the Retrofit process, which aims to maintain the identity of the establishment while adapting it to the established conditions of the construction of the future, this research aims to develop a Retrofit project, with the help of BIM modeling, of the Institution's pedagogical pavilion I, with the aim of bringing acoustic, thermal and energy improvements for better performance and use of the institute's members, thus making the pavilion sustainable, self-sufficient and future-building model

KEYWORDS: Retrofit; sustentabilidade; BIM.

1 INTRODUÇÃO

Em razão da necessidade de readequar edificações antigas, muitas vezes patrimônio histórico, aliada à escassez de espaço e ao reaproveitamento, surgiu um novo conceito na construção civil, já muito aplicado em cidades e centros históricos em todo o mundo, trata-se do *retrofit*.

O termo *retrofit*, usualmente utilizado na construção civil, se aplica ao processo de revitalização de edifícios, com enfoque na sustentabilidade e na modernização dos ambientes, exemplificando o conceito, relatam Barrientos e Qualharini (2004):

“O conceito retrofit (‘retro’, do latim, significa movimentar-se para trás e ‘fit’, em inglês, adaptação, ajuste) surgiu ao final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa. A princípio, o termo foi utilizado na indústria aeronáutica e se referia à atualização de aeronaves, aos novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado, e com o passar do tempo, começou a ser empregado também na construção civil. A ideia em foco diz respeito ao processo de modernização e atualização de edificações, visando a torná-las contemporâneas, valorizando os edifícios antigos, prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração.”

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

Segundo Cianciardi e Bruna (2004), esse conceito arquitetônico vem a ser a busca pela sincronicidade do edifício com o tempo presente, de modo a vitalizá-lo com novos materiais e tecnologias, evitando que se torne obsoleto, permitindo que acompanhe o desenvolvimento tecnológico dos grandes centros urbanos.

O processo Building Information Modeling (BIM) existe desde fins da década de 80, quando a International Alliance for Interoperability, atual BuildingSMART, foi criada para realização de pesquisas na área de tecnologia da informação e interoperabilidade (ADDOR et al, 2010). No entanto, somente na última década, esta metodologia vem sendo introduzida nas empresas dedicadas à indústria da construção, abrangendo desde a concepção do projeto de edificações até a construção, gerenciamento e manutenção. No Brasil, as primeiras pesquisas que ao menos mencionam a terminologia BIM datam de 2007 (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Sartori (2018), sabemos que o estoque de construções é responsável por 30% a 40% do consumo energético no mundo todo, resultando em maior emissão de carbono que o setor de transporte. Pensando na diminuição das emissões diretas e indiretas de carbono em no mínimo 38% até 2050, o retrofit energético se apresenta como solução para alcançar esse objetivo.

A modelagem BIM, mais especificamente o REVIT, se apresenta como uma ferramenta facilitadora nesse processo de caracterização e adequação do processo retrofit, que visa a trazer melhorias para o pavilhão, com foco na construção do futuro, em que ela possa ser autossustentável, trazendo, assim, benefícios para o instituto, com economias, e para o meio ambiente.

O retrofit surgiu como uma solução para não derrubar os patrimônios históricos, mas garantir que o espaço pudesse ser utilizado de forma adequada e segura. Não se trata simplesmente de uma reconstrução ou restauração, mas de aperfeiçoar o ambiente sem perder sua essência, de forma a preservar sua história.

1.1 Histórico e conceitos *retrofit*

Mediante a necessidade de readequar edificações antigas, por falta de espaço de se construir um estabelecimento novo e principalmente para que estas edificações não se tornem estoque de construção não usual, inicia-se o processo denominado *retrofit*.

Segundo Gultekin, Anumba e Leicht (2014), a reforma e/ou remodelação são alterações com o intuito principal de atender a requisitos funcionais vinculados ao interesse do proprietário, como modificação nas alvenarias, renovação da estrutura ou mudanças espaciais no layout. O retrofit tem como principal objetivo melhorar o desempenho dos sistemas da edificação (mecânico, elétrico e hidráulico), bem como dos agentes responsáveis pelo conforto térmico e acústico (isolamento das paredes externas por exemplo), trazendo benefícios tanto para o usuário quanto para o meio ambiente. (GULTEKIN; ANUMBA; LEICHT, 2014).

De acordo com a tradução literal do termo, Retrofit significa “colocar o antigo em boa forma”. O método surgiu nos Estados Unidos e na Europa no final da década de 1990, regiões onde a rigorosa legislação não permite mudanças nas edificações com valor histórico. Esse processo se baseia em revitalizar edifícios antigos, de modo que sua vida útil seja aumentada e suas tecnologias renovadas, com a incorporação de novos sistemas prediais que atendam melhor às necessidades dos usuários (VALE, 2006).

Segundo Souto (2019), no Brasil, esse processo de revitalização ainda é pouco utilizado se comparado com os países de origem, sendo ainda comum a demolição de edifícios antigos para dar lugar a novas construções, estando, porém, em expansão principalmente nas áreas da construção civil que atuam sob a ótica da sustentabilidade, com inovações tecnológicas.

Como se trata de um processo mais novo no Brasil, a motivação de investimento no *retrofit* vai além da preservação de patrimônio arquitetônico e histórico, sendo utilizado para a modernização dos centros urbanos, tornando os empreendimentos mais contemporâneos (SOUTO, 2019).

Tanto em edificações históricas que precisam ser preservadas quanto em casos em que o Retrofit é usado por ser mais viável economicamente ao ser comparado com uma possível edificação nova, são necessárias soluções que interajam entre si, como nas fachadas, instalações, elevadores, proteção contra incêndio e demais intervenções necessárias para atingir o sentido de renovação. Assim, acentua-se a diferença entre o Retrofit e uma simples restauração ou reforma. A restauração pode ser definida como uma

retomada da condição original da edificação; a reforma, por sua vez, é a inserção de melhorias, mas sem a preocupação de manter características anteriores (VALE, 2006).

Os principais motivos que fortalecem a opção de realizar um Retrofit são o aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização, o impacto na paisagem urbana, a preservação do patrimônio histórico e cultural, o déficit habitacional e a sustentabilidade ambiental, além de se tratar de uma alternativa mais econômica e eficiente do que a demolição, seguida de uma reconstrução (GUIMARÃES, 2014).

1.2 Retrofit sustentável

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*:

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

Doug Gatlin, vice-presidente do *US Green Building Council*, explica que, para o retrofit ser considerado sustentável, é necessário atualizar uma determinada edificação para melhorar sua 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). O retrofit sustentável está, em muitos casos, associado à redução do consumo energético, que visa à eficiência operacional e energética pela remodelação e atualização do edifício, incorporando novos conceitos. Muitas dessas atualizações são possíveis graças à aplicação de novas tecnologias, capazes de fornecer sistemas mais eficazes (RHOADS, 2010; MA et al., 2012).

Ascione, Rossi e Vanoli (2011) realizaram o levantamento de dados em uma edificação histórica localizada na Itália e passaram tais informações para um modelo energético. O objetivo da modelagem foi propor ações de retrofit capazes de reduzir a demanda energética. O modelo feito no *EnergyPlus*, após calibrado, foi simulado com algumas propostas de retrofit, como aumento da vedação, troca das luminárias e

substituição do aquecedor por um aparelho mais eficiente. Os autores constataram redução de cerca de 22% no consumo da energia primária.

1.3 Aspectos técnicos do processo *retrofit*

Uma construção pode ser submetida ao processo de adequação *retrofit* de modo a regenerar apenas um componente de todo sistema construtivo, por exemplo, uma adaptação de sua eficiência energética, renovando apenas o sistema de energia do estabelecimento.

Ter o conhecimento do grau de intervenção necessária para se proceder à adequação e à modernização é de suma importância para o melhor planejamento, assim, a gestão do projeto é estabelecer qual o melhor caminho a ser decidido pelo custo benefício.

Nesse intuito de determinar os níveis de intervenção nas edificações, Vale (2006) apresenta uma classificação de acordo com os trabalhos a serem desenvolvidos, adotada pela maioria dos pesquisadores da área (Quadro 1).

Tabela I – Classificação de acordo com níveis de intervenção

<i>Retrofit rápido</i>	Abrange apenas serviços de recuperação de instalações e revestimentos internos.
<i>Retrofit Médio</i>	Abrange serviços em fachadas e mudanças nos sistemas de instalações da edificação, além dos serviços de retrofit rápido.
<i>Retrofit Profundo</i>	Engloba as atividades anteriores e as intervenções em que há mudanças de layout.
<i>Retrofit Excepcional</i>	Abrange serviços de intervenção em edificações históricas.

Fonte: Adaptado de Vale (2006).

No caso do pavilhão pedagógico I, após o diagnóstico, podemos detectar que será um Retrofit profundo, sabendo que haverá mudança em vários aspectos do layout do escopo.

A análise para aplicação do processo de *retrofit* é feita de forma detalhada. Moraes e Quelhas (2012, p.8) apresentaram a metodologia do processo de *retrofit*, que envolve sete etapas:

- “1. Análise mercadológica e financeira, incluindo valores, estudo vocacional e viabilidade comercial;
2. Definição do conceito do projeto, o que envolve a análise das possibilidades de expansão de área;
3. Legislação – plano jurídico;
4. Critério de reaproveitamento de materiais e sistemas;

5. Diagnóstico – etapa que considera elementos como a história da Edificação, estudo da arquitetura e eficiência da laje, análise das condições de sistemas e equipamentos;
6. Proposta de implementação, incluindo vários cenários, entre eles, da arquitetura, elétrica, dados, voz, elevador e fachada. (O cronograma de implementação e a análise financeira correm paralelamente a todas estas análises); e
7. A comercialização.”

De acordo com Barrientos (2004), é de suma importância conhecer o estágio de degradação da edificação para avaliar se é adequada para o processo a ser submetida de modo a suportar cargas geradas por mudanças no *layout* ou se as instalações elétricas suportam a incorporação de automatismos, por exemplo.

1.4 Modelagem com software de projeto com tecnologia BIM

Para auxiliar no desenvolvimento do layout do pavilhão e melhorar a apresentação para o corpo docente, fizemos todo o levantamento e aplicamos no BIM.

Conforme Menezes (2011), diferentemente de um simples modelador 3D, a plataforma BIM (Building Information Modeling) é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão das fases de construção, entre outras atividades.

Ainda de acordo com Menezes (2011), inicialmente, analisando a grande diferença entre um simples software de modelagem 3D e um software BIM, verifica-se, para este último, sua capacidade de gerar objetos paramétricos. É a parametricidade que garante gerar objetos editáveis que podem ser alterados automaticamente e dar suporte à plataforma BIM. Sem essa capacidade, o software é só mais um modelador de objetos tridimensionais (ROSSO, 2011). Além disso, nos softwares BIM, são atribuídas propriedades ao desenho, como, por exemplo, o tipo de blocos que constitui uma parede, suas dimensões, tipo de revestimento, fabricantes, entre outras atribuições salvas no banco de dados, que, por sua vez, geram a legenda do desenho (FARIA, 2007).

O AutoCad, da Autodesk, juntamente com outras ferramentas CAD (Computer Aided Design) revolucionaram a forma de desenhar com a utilização de um computador e, na época, muitos projetistas sentiram um choque por terem que passar a projetar em

um computador. Hoje, a produção do desenho é incrivelmente mais rápida e precisa do que há 25 anos. No AutoCad, temos ferramentas de desenho, que permitem criar em 2D ou 3D, representando muitas vezes modelos em 3D na vida real.

Com o software de projeto com tecnologia BIM (REVIT), os edifícios são criados de uma nova maneira. Os arquitetos não estão mais desenhando vistas 2D de um edifício 3D, mas projetando um edifício 3D virtualmente, o que traz uma série de benefícios (Autodesk Revit Architecture, 2014).

- Examinar o edifício de qualquer ponto;
- Testar e analisar o edifício;
- Verificar interferências entre as várias disciplinas atuantes na construção;
- Quantificar os elementos necessários à construção;
- Simular a construção e analisar os custos em cada uma das fases; e
- Gerar uma documentação vinculada ao modelo, que seja fiel a ele.

Conforme Autodesk Revit Architecture (2014), por se tratar de um modelo virtual, é possível utilizar informações reais para analisar conflitos de projeto, realizar estudo de insolação, uso de energia, entre outras facilidades. Os construtores do projeto têm a facilidade de simular várias opções de construção, economizando material e tempo de obra.

De acordo com Alvarenga e Carvalho (2018), o Revit é um software que, além da facilidade intuitiva ao ser utilizado, foi desenvolvido para que os projetos estejam conectados. Ou seja, se é feita alguma alteração em qualquer ponto do projeto, os dados e documentos atrelados a ele sofrem a mesma modificação, diminuindo consideravelmente o tempo de elaboração do projeto. Além disso, o programa permite a rápida elaboração de vistas, perspectivas e cortes de rápida visualização ou atreladas a alguma prancha que pode ser elaborada pelo próprio autor, bem como a geração de planilhas orçamentárias e até mesmo de quantitativos.

Dessa maneira, para o desenvolvimento desse projeto, foi elaborado todo o processo de levantamento de dados e feito o layout no software de projeto com modelagem BIM, com o intuito de interligação entre os outros softwares, pela facilidade de conexão e correção com os elementos estruturais.

1.5 Atividade desenvolvida

Neste presente trabalho, para elaboração e desenvolvimento, foi escolhido pelos gestores da universidade, o Pavilhão Pedagógico I, um dos mais antigos da instituição, um dos que mais necessitam passar por uma reforma e modernização.

De acordo com a NBR 5674, vida útil é o período de tempo, após a instalação, no qual uma construção ou suas partes satisfazem ou excedem as exigências de desempenho. A vida útil de uma edificação está relacionada a fatores físicos, funcionais e econômicos. Estes fatores estão associados à durabilidade, à adaptabilidade e à rentabilidade dos materiais utilizados (BARRIENTOS, 2004).

Os problemas relacionados à durabilidade das edificações podem estar relacionados a diversos fatores, incluindo falta de manutenção, uso inadequado, material com qualidade ineficiente, sendo que esses e outros fatores levam à deterioração do estabelecimento.

O pavilhão em questão tem uma grande falha mensurável, que é a falta de acessibilidade às salas, um fator decadente atualmente, por consequência, a melhoria de qualidade de vida do usuário é o objetivo mais significativo das intervenções tecnológicas.

Desta forma, visamos a desenvolver e a elaborar um estudo de retrofit interligado à sustentabilidade, ao destacar os valores culturais e a reutilização do que já está construído, poupando recursos e energia. Segundo Delgado (apud LIMA; BRAGANÇA; MATEUS, 2012), a reabilitação tem que ser entendida como a oportunidade de promover a sustentabilidade ambiental, já que pode unir a preservação do patrimônio, a atualização das condições de funcionamento e conforto e a melhoria do desempenho ambiental.

A construção sustentável baseia-se no conceito de desenvolvimento sustentável, pois está relacionada com a diminuição dos impactos ambientais, reaproveitando, por exemplo, os recursos naturais, racionalizando o uso da energia, utilizando tecnologias que permitam economizar (GUIMARÃES, 2014).

A primeira etapa da pesquisa para elaboração e desenvolvimento do projeto foi o registro de um memorial fotográfico, feito nos dias 09/04/2021 e 26/04/2021, com o intuito de catalogar e registrar todos os dados de levantamento visual e mensurável, repassando, assim, o projeto arquitetônico para o REVIT, pois, em conjunto com uma

equipe de projeto, reformularemos e aplicaremos o método Retrofit para a reforma de todo o pavilhão.

A equipe estabelecida para a aprovação do Layout é composta pelos alunos de mestrado da instituição Pamela Millena e Aniele Lacerda, pela arquiteta Bruna Campos, pelo engenheiro Bacus Nahime e pela direção da Instituição, integrada por Fabiano Guimarães Silva, Adriano Jakelaitis e Fábio Henrique Dyszy. Essa foi a equipe responsável pela aprovação do layout final do Retrofit do pavilhão.

1.6 Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575 – 1: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674 Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.** 2012.

ADDOR, M. R. A., CASTANHO, M. D. A., CAMBIAGHI, H., DELATORRE, J. P. M., NARDELLI, E. S., OLIVEIRA, A. L., **Colocando o "i" no BIM.** In: Encontro sobre Integração, São Paulo, 2010.

AUTODESK. Revit *software* for BIM (*Building Information Modeling*). Disponível em:<<http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>>. Acesso em 10 de abril de 2021.

AUTODESK REVIT ARCHITECTURE: **Conceito e aplicação/** Cláudia Campos Netto – 1.ed.—São Paulo: Érica, 2014

ALVARENGA, B., CARVALHO, M.J., **Introdução ao REVIT.** Apostila de capacitação PET Engenharia Civil FURG, 2018.

Ascione, F, de' Rossi, F, Vanoli, GP (2011) **Energy retrofit of historical buildings: theoretical and experimental investigations for the modelling of reliable performance scenarios.** In Energy and Buildings, v.43, 2011.

BARRIENTOS, M.I.G.G, QUALHARINI, E.L. **Retrofit de construções: metodologia de avaliação.** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004.

BU, Shanshan et al. 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.

CIANCIARDI, G.; BRUNA, G. C., **Procedimentos de Sustentabilidade Ecológicos na Restauração dos Edifícios Citadinos.** Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2004.

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.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Bookman, Porto Alegre, 2014.

FARIA, R. **Construção integrada.** Técnica, São Paulo, v. 127, p. 44- 49, out. 2007.

GULTEKIN, Pelin; ANUMBA, Chimay J.; LEICHT, Robert M. Case study of integrated decision-making for deep energy-efficient retrofits. **International Journal of Energy Sector Management**, Emerald, v. 8, n. 4, p. 434-455, 28 out. 2014.

GUIMARÃES, LUCIANA FERNANDES. **O retrofit e a modelagem de informações como ferramenta na análise de projetos.** Projeto de Graduação UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, 2014.

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

MENEZES, G.L.B, **Breve histórico de implantação da plataforma BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.18, n.22, 21^a sem 2011.

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.

OLIVEIRA, L. C. C. F., **Características e particularidades das ferramentas BIM: reflexos da implantação recente em escritórios de arquitetura**. Dissertação mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROSSO, S. M. **Especial - BIM: quem é quem**. AU - Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, v. 208, p. 61-64, jul. 2011.

RHOADS, John. **Low Carbon Retrofit Toolkit: A roadmap to success**. 2010. Disponível em: <<http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/sites/default/files/media/attachment/bbp-low-carbon-retrofit-toolkit.pdf>>. Acesso em 18 de janeiro de 2022.

SOUTO, Lorena da Cruz **O Retrofit como forma de atualização tecnológica e sustentável de fachadas de edificação: Estudo de caso do edifício Venâncio 2000**. Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharel de Engenharia Civil do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, Brasília DF, 2019.

VALE, Maurício S. do. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do Retrofit**. 2006. 220 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Elaborar um planejamento de retrofit para o pavilhão pedagógico I do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, focado na edificação do futuro e na sustentabilidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um planejamento retrofit para o pavilhão pedagógico I, focado na edificação do futuro e na sustentabilidade;
- Estudos de desempenho energético da edificação, isolamento acústico e térmico, estudos embasados em energias renováveis;
- Desenvolver um projeto com aplicabilidade de materiais sustentáveis;
- Desenvolver um estudo de retrofit com aplicabilidade de edificação do futuro, no pavilhão pedagógico I;
- Elaborar todo o projeto na plataforma BIM.

CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista RECIMA 21 – REVISTA CIENTIFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218)

ESTUDO RETROFIT APLICADO NO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE GO, UTILIZANDO MODELAGEM BIM

RETROFIT STUDY APPLIED IN THE PEDAGOGICAL PAVILION I OF THE INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE GO, USING BIM MODELING

RESUMO

Associada à preocupação com a crise energética e a sustentabilidade ambiental, a busca pela renovação e adaptação de edificações condenadas pela sua eficiência, vem conquistando o mercado se tratando do processo Retrofit, que visa manter a identidade do estabelecimento, mas adequando-o as condições estabelecidas da construção do futuro, esta pesquisa visa desenvolver um projeto Retrofit, com auxílio da modelagem BIM, do pavilhão pedagógico I da Instituição, com intuito de trazer melhorias acústicas, térmicas e energéticas para melhor desempenho e utilização dos integrantes do instituto, tornando assim o pavilhão sustentável, auto suficiente e modelo de construção do futuro.

Palavras-chave: Retrofit; sustentabilidade; BIM.

ABSTRACT

Associated with the concern with the energy crisis and environmental sustainability, the search for the renovation and adaptation of buildings condemned for their efficiency, has been

conquering the market when it comes to the Retrofit process, which aims to maintain the identity of the establishment while adapting it to the established conditions of the construction of the future, this research aims to develop a Retrofit project, with the help of BIM modeling, of the Institution's pedagogical pavilion I, with the aim of bringing acoustic, thermal and energy improvements for better performance and use of the institute's members, thus making the pavilion sustainable, self-sufficient and future-building model.

Keywords: Retrofit; sustainability; BIM.

1 INTRODUÇÃO

O processo de *retrofit* vem sendo tema de estudos em âmbito mundial, onde destacam a importância desse tipo de estudo para se alcançar um bom desempenho energético economia de energia e redução de emissões em edificações antigas. Considerando o grande número de estoque existente e o alto custo de demolição e reconstrução, é mais viável tecnicamente e financeiramente eficaz modernizar do que construir (HU, XIANG, *et al.*, 2021). Assim, esse conceito surgiu na construção civil com a necessidade de readequar edificações antigas, aliado a escassez de espaço e ao reaproveitamento.

Portanto, o termo *retrofit*, usualmente utilizado na construção civil se aplica ao processo de revitalização de edifícios com o enfoque na sustentabilidade e modernização dos ambientes, exemplificando o conceito, relata Barrientos e Qualharini (2004).

A norma brasileira, NBR 15575-1, 2021, define *retrofit* como a “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética”

De acordo com Sartori, 2018, o estoque de construções é responsável por 30% a 40% do consumo energético no mundo todo, resultando em maior emissão de carbono que o setor de transporte, assim, pensando na diminuição das emissões diretas e indiretas de carbono em no mínimo, 38% até 2050, o *retrofit* energético apresenta como solução para alcançar esse objetivo.

O BIM é definido como que um processo que abrange a criação e gerenciamento de projetos, onde integra dados multidisciplinares para produzir uma representação real em uma plataforma digital, abrangendo todo seu ciclo de vida, planejamento e design até a construção e operação da edificação (AUTODESK INC, 2021).

A modelagem BIM, se apresenta como uma ferramenta facilitadora no processo de caracterização e adequação da técnica do *retrofit*, que visa trazer melhorias para o pavilhão, com foco na construção do futuro, onde a edificação possa atingir o objetivo de ser auto sustentável, trazendo assim benefícios econômicos, ambientais e sociais para o instituto para o meio ambiente, e para os usuários finais.

O objetivo geral do trabalho é elaborar um planejamento de *retrofit* para o pavilhão pedagógico I, uma edificação de uso educacional localizada no Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde, abordando os objetivos específicos, que se caracteriza na elaboração do escopo utilizando a modelagem BIM, focado na edificação do futuro e na sustentabilidade, mantendo as características históricas da edificação, além de apresentar estudos de melhor desempenho energético, acústico e térmico, trazendo assim mais conforto a todos os usuários, realizar estudos de melhor desempenho energético da edificação, isolamento acústico e térmico.

Mediante a análise realizada no pavilhão, verificou há necessidade de fazer melhorias na edificação, assim como a preocupação mediante a sustentabilidade do mesmo, além de adequar e tornar o pavilhão acessível em todas modalidades necessárias, são fatores motriz para desenvolver esse trabalho, tendo em vista que o pavilhão está obsoleto e não adequado a acessibilidade, assim como com diversos problemas patológicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo se inicia em campo, sendo realizado um levantamento de todos os dados necessários para se desenvolver o projeto no software Autodesk Revit, que utiliza modelagem BIM, foi realizado levantamento de dados para auxiliar nas escolhas dos métodos construtivos, a saber: incidência solar, temperatura em todos os ambientes, taxa de volume, patologias existentes e conferência das dimensões do edifício.

A edificação escolhida para a realização do presente trabalho foi sugerida pelos gestores da universidade por ser um dos mais antigos da instituição, e por este motivo necessita de passar por adequações e modernização.

A edificação em questão, atualmente é composta por sessenta e oito ambientes, incluindo área verde e circulação, sendo mais de 3000m² de área construída. Ela possui uma falha mensurável, que é a falta de acessibilidade das salas, um fator decadente atualmente, portanto a melhoria de qualidade de vida do usuário é o objetivo mais significativo das intervenções tecnológicas.

Desta forma, o projeto visa desenvolver e elaborar um estudo de retrofit interligado à sustentabilidade, ao se destacar os valores culturais e a reutilização do que já está construído, poupando recursos e energia. Segundo Delgado (apud LIMA; BRAGANÇA; MATEUS, 2012), a reabilitação tem que ser entendida como a oportunidade de promover a sustentabilidade ambiental, já que pode unir a preservação do patrimônio, a atualização das condições de funcionamento e conforto, e a melhoria do desempenho ambiental.

2.1 DIAGNÓSTICO PARA REABILITAÇÃO DO PAVILHÃO

A primeira etapa do estudo foi a realização de medidas e locação do estabelecimento, para realizarmos a conferência do projeto existente do AutoCad, e repassa-lo para o software de projeto com tecnologia BIM (*REVIT*). Assim como demonstra na Figura 1.

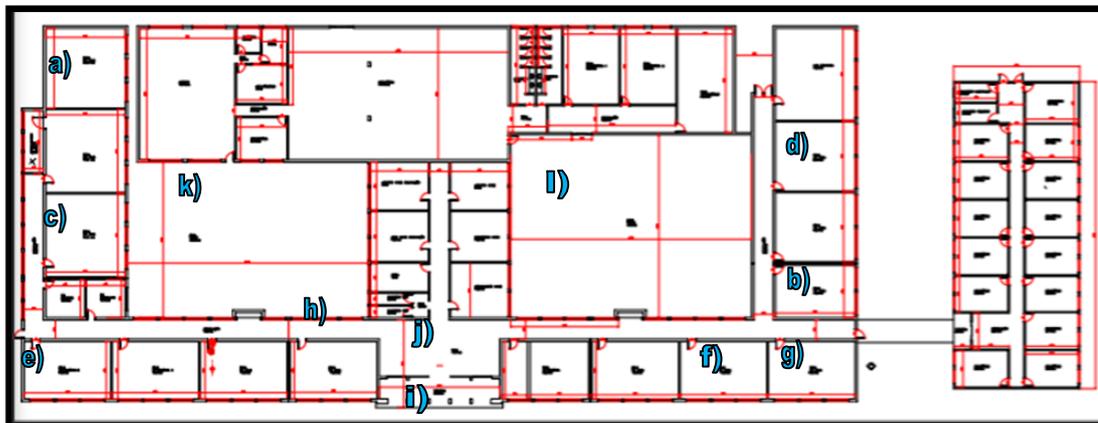


FIGURA 1 PROJETO PAVILHÃO PEDAGÓGICO I AUTO CAD. FONTE: ACERVO INSTITUIÇÃO DE ENSINO.

Na figura 1, é o projeto que se encontra no acervo da instituição, o mesmo foi revisado e conferido as métricas, repassamos o projeto para o Revit já com as alterações vigentes existentes, e as que foram abordadas nesse estudo.

Juntamente com o levantamento métrico, foi realizado um levantamento fotográfico, e análise diagnóstica visual, catalogando assim todos os ambientes e apontando as falhas em cada sala analisada, com o objetivo de apontar as falhas construtivas e quais elementos precisariam ser restaurados e adequados a acessibilidade.

As imagens abaixo fazem referências as salas da Figura 1, e podem ser observadas pelas letras marcadas na Fig. 1, que é correspondente a cada imagem da Fig.2.



Figura 2 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, Patologias e análises verificadas no pavilhão. Fonte: Autor.

Na figura 2, podemos observar as principais patologias e considerações visíveis do pavilhão, exemplificando:

Fig. a) e b) Falta de acessibilidade;

Fig. c) e d) Deslocamento dos diferentes pisos que há no pavilhão;

Fig. d) e f) Deslocamento da pintura, infiltração nas paredes e a perda de aderência das pinturas;

Fig. g) e h) Falta de padronização nas esquadrias; além da estética desfavorável;

Fig. i) e j) Fachada obsoleta e sem caracterização, na imagem pode observar que as telhas estão muito desgastadas;

Fig. k) e l) Pátio em desuso e inaproveitamento de espaço.

Lembrando que as mesmas imagens, foram realçadas em qual local as fotos foram tiradas no pavilhão em estudo, podendo observar sua locação na Fig.1.

As citações acima foram os pontos de mais relevância diagnosticado visivelmente, lembrando que o levantamento fotográfico foi realizado nas 68 salas, e em todas tivemos algum diagnóstico a ser considerado para melhorias, portanto para a base de análise e estudo, trouxemos apenas alguns exemplos para se exaltar a necessidade de cada ponto diagnosticado.

Juntamente com a vistoria foram realizadas medições de ruído, iluminância e temperatura mediante os equipamentos de decibelímetro digital portátil ITDEC-4000, luxímetro digital modelo ICEL LD-800 e câmera termográfica Fluke TiS60+76800, respectivamente.

Desta forma tivemos uma base de dados referente as temperaturas e luminâncias das salas de aulas, concluindo assim há necessidade de reformular a climatização e iluminação de todo o pavilhão.

Diante do exposto, após a coleta de dados, enaltecendo as patologias e necessidades para melhor conforto, durabilidade, sustentabilidade do pavilhão, elaborou pontos estratégicos para realizar o Retrofit no mesmo.

Sendo assim, toda a equipe de pesquisa e engenharia juntamente com a gestão da faculdade, foram estabelecidas metodologias de aplicabilidade, no pavilhão, entre estes recursos sugeridos estão, os pontos principais para se desenvolver o Retrofit:

- Acessibilidade em todas as salas de aula;
- Troca de todo o piso do pavilhão;
- Adaptação de salas híbridas, EAD e presencial;
- Melhoria na ventilação e luz natural;
- Instalação de brises na fachada, para melhorar a incidência solar;
- Trocar todo o sistema de refrigeração, para uma alternativa renovável e moderna;

- Adequação de ventilação nos corredores de circulação com ajuda de cobogós fabricado com material reciclado;
- Utilização dos materiais desenvolvidos no laboratório da faculdade, como o piso drenante;
- Aplicar a metodologia de construção enxuta;
- Desenvolver o projeto e adequar os recursos para que o estabelecimento se encaixe na 'construção do futuro' e seja auto sustentável;
- Instalar meios de energias renováveis, entre outros.;
- Adequar os pátios para se tornar um lugar sociável entre os alunos;
- No pátio principal construir uma sala de convivência 24 horas;
- Colocar os banheiros em lugar estratégico, lembrando sempre de se adequar a NBR 9050 de acessibilidade;
- Melhorar o tráfego e circulação de pessoas entre todo o pavilhão;
- Colocar mais um acesso ao prédio pelo estacionamento do fundo;
- Otimizar a fachada principal do pavilhão.

2.2 PLANTA BAIXA DESENVOLVIDA EM METODOLOGIA BIM

Com base no levantamento realizado com a equipe da diretoria do ensino, e as ponderações a serem analisadas, desenvolveu-se o processo de revitalização do projeto arquitetônico do pavilhão, adicionando ao projeto o escopo das exigências sugeridas.

O projeto foi todo desenvolvido na plataforma BIM, através do software desenvolvido pela Autodesk, software de projeto com tecnologia BIM. Foram avaliados e ponderados todos os pontos apresentados, sendo assim o escopo do projeto foi pensado e desenvolvido para cumprir todas as exigências citadas acima no item 2.1.

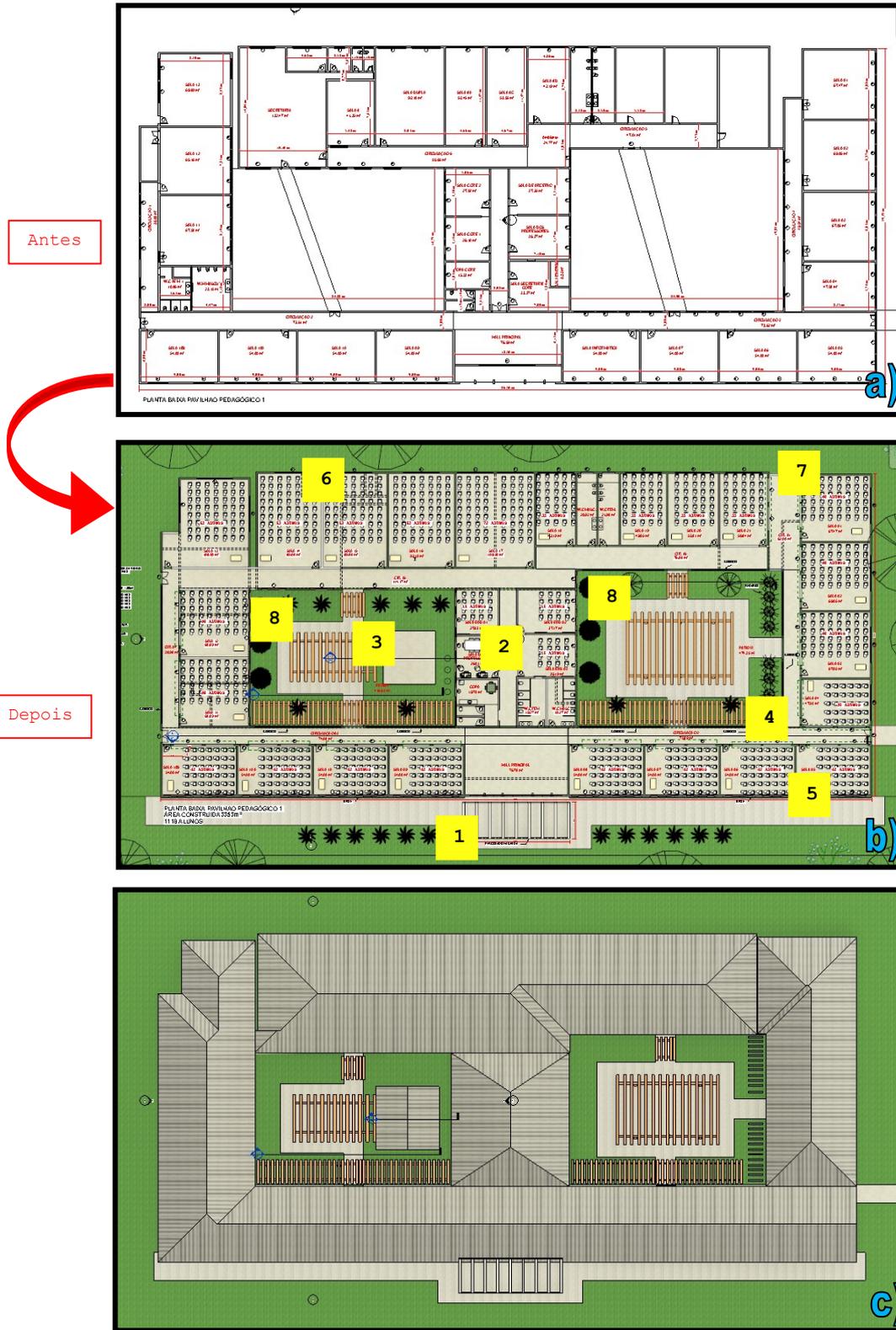


Figura 3 a, b, c, Projeto desenvolvido no REVIT. Fonte: Autor.

A Figura 3 é o projeto desenvolvido no software de projeto com tecnologia BIM, sendo a Fig. 3 a) Projeto Real de como o pavilhão se encontra na data de hoje (antes), e a Fig. 3 b) e c) Como o pavilhão ficou após o desenvolvimento e estruturação de todos os pontos levantados acima. (Depois)

A Fig.3 a) aponta os principais pontos levantados pela equipe para realizar o retrofit, de acordo com o escopo e visualizado no projeto, de acordo com a numeração apontada na imagem, segue sua especificação:

- 1** – Hall de entrada moderno, enfatizando a caracterização histórico do pavilhão e auxiliando no sombreamento da fachada;
- 2-** Demonstração das três salas híbridas, que foram desenvolvidas para equipar as aulas EAD e presencial em até quinze alunos;
- 3-** O corredor de circulação que liga internamente o pavilhão, foi desenvolvido ambientes para uso contínuo de alunos, com uma sala de convivência 24 horas, e um pátio aconchegante e arborizado;
- 4-** Nos corredores entre as salas de aula e o pátio de convivência, foi elaborado no projeto, uma ventilação natural com utilização de cobogós, com o mesmo design do brise da fachada, para assim auxiliar na temperatura e iluminação ambiente;
- 5-** Na fachada frontal, foi proposto em toda ela, a aplicação de um brise nas salas para auxiliar a incidência solar, diminuindo assim a temperatura ambiente dentro das salas de aulas;
- 6** – Alteração na sala, com desmembramento do banheiro isolado existente, e a construção da divisória, para se ter duas salas mais amplas;
- 7** – Abertura de uma entrada para o estacionamento do fundo, para melhor comodidade;
- 8** – Adaptar as áreas de conexões do pavilhão, transformando em um ambiente sociável e confortável para permanência entre os intervalos de aula.

Alguns pontos diagnosticados, como a troca de todo o piso para Piso Granitina, assim como a troca do telhado e melhorias na climatização, a otimização de todas as esquadrias padronizando todo o pavilhão, que não pode ser observada na figura acima, é uma característica que será abordada no levantamento de material e no projeto de planejamento.

O projeto final apresentado a instituição de ensino conta com:

- Um pavilhão com capacidade para atender 1118 alunos;
- Uma área de 3353m²;
- 23 salas comuns com suporte entre 35 a 72 alunos;
- 3 salas híbridas, (EAD), com capacidade de 16 alunos;

- 1 sala de professor;
- 1 copa;
- 3 banheiros femininos com sanitário e lavatório PNE, cumprindo as exigências da NBR 9050;
- 3 banheiros masculinos com sanitário e lavatório PNE, cumprindo as exigências da NBR 9050.

Com o novo projeto teremos 5 salas de aula a mais no pavilhão, que totaliza um aumento de 18% em salas, se comparado com a realidade atual, tendo ainda a capacidade e estrutura para atender os alunos EAD.

2.3 MODELO VIRTUAL NO REVIT

Em vista desta realidade, o uso mais racional dos materiais empregados nas obras, da mão de obra e a diminuição dos retrabalhos tornam-se ainda mais importante para as empresas no setor da construção, e a tecnologia BIM pode vir a ajudar no alcance destes objetivos (EASTMAN, 2014). A Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling – BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores do setor de arquitetura, engenharia e construção. Esta tecnologia permite a elaboração de um modelo virtual preciso da edificação, contendo a geometria exata e os dados necessários para dar suporte à construção, fabricação, e ao fornecimento dos insumos necessários à obra (EASTMAN, 2014)

De acordo com Costa (2013), o BIM pode ser visto como um instrumental capaz de reduzir o tempo gasto em projeto, tanto na elaboração inicial quanto nos retrabalhos, devido a possibilidade de detectar as interferências desde o início de sua elaboração, facilitando correções em desenhos finais. Mesmo após a finalização dos projetos, o BIM economiza significativamente o tempo de trabalho nas etapas de 20 orçamentos, devido à geração automática de quantitativos, no gerenciamento das etapas de construção e organização do canteiro de obras.

Para auxiliar no desenvolvimento do trabalho, foi utilizado a Plataforma BIM, por meio do software de projeto, para a formação da modelagem 3D do projeto desenvolvido, facilitando assim para melhor entendimento do escopo proposto, além de auxiliar nas caracterizações específicas estabelecidas.

Segue imagens ilustrativas do projeto desenvolvido, com imagem do ANTES e DEPOIS, de realizado o RETROFIT.

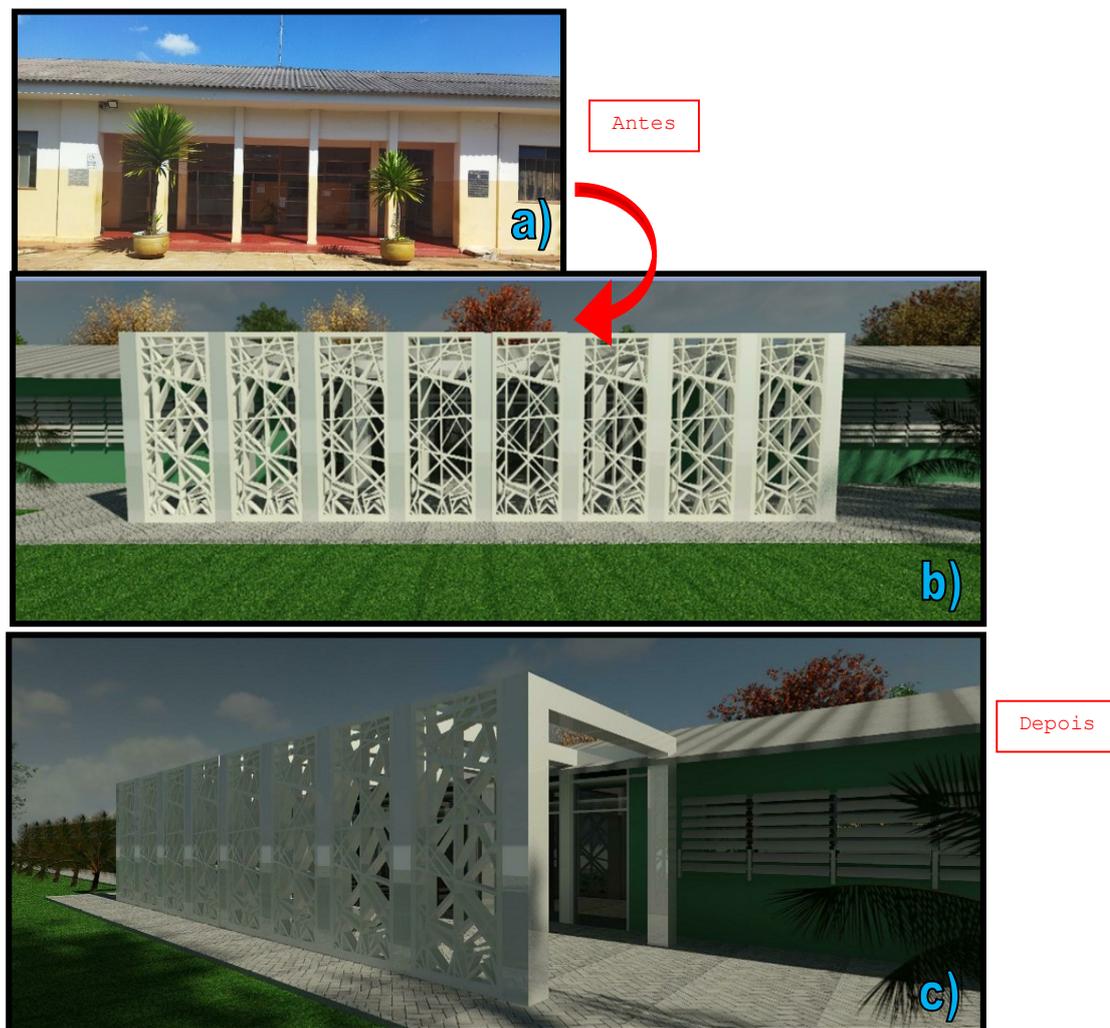


Figura 4 a) Fachada Antes b) c) Render software de projeto com tecnologia BIM Fachada Depois. Fonte: Autor.

Na Fig. 4b) e 4c) podemos observar a fachada renderizada e modernizada desenvolvida para o pavilhão, em que a mesma teve enfoque de preservar as características históricas do mesmo. A fachada vem trazendo modernidade e um aditivo facilitador de sombreamento, com o pergolado.

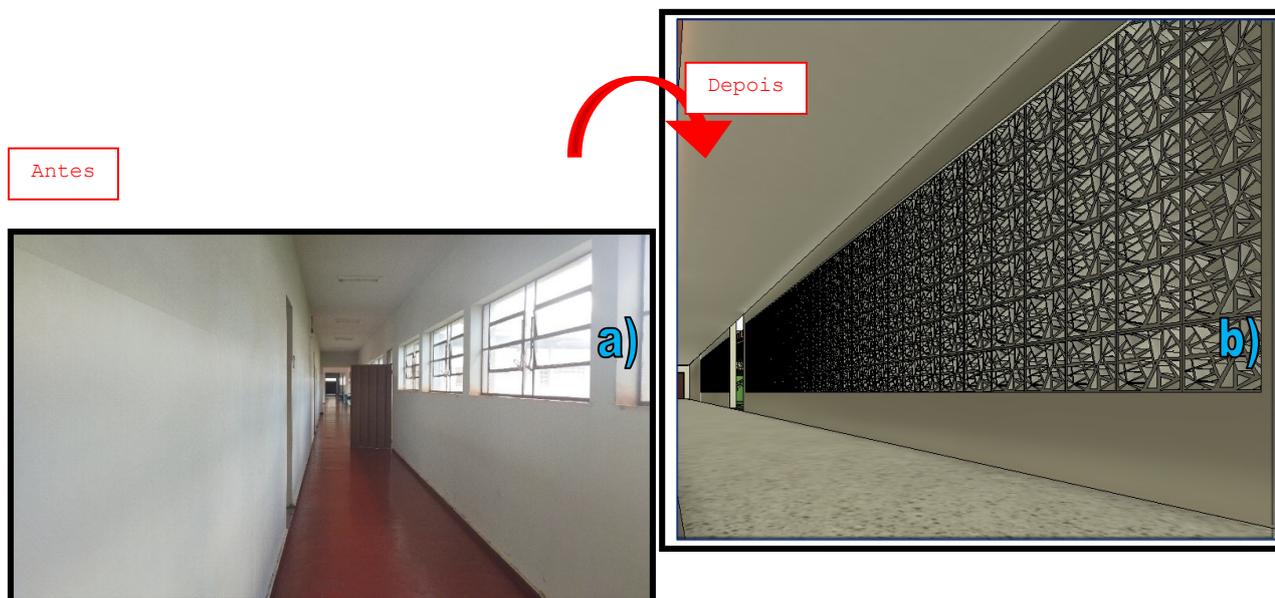


Figura 5 a) Corredor Antes b) Render software de projeto com tecnologia BIM Corredor Depois. Fonte: Autor.

Na Fig.5b) pode se observar a ilustração dos cobogós com o mesmo design da fachada, em que os mesmos foram propostos, como já mencionado, para auxiliar na ventilação e iluminação natural, na imagem pode visualizar o piso de Granitina proposto para todo o pavilhão. A Figura exemplifique um corredor, mas a proposta pode ser visualizada na planta baixa nos dois corredores principais.

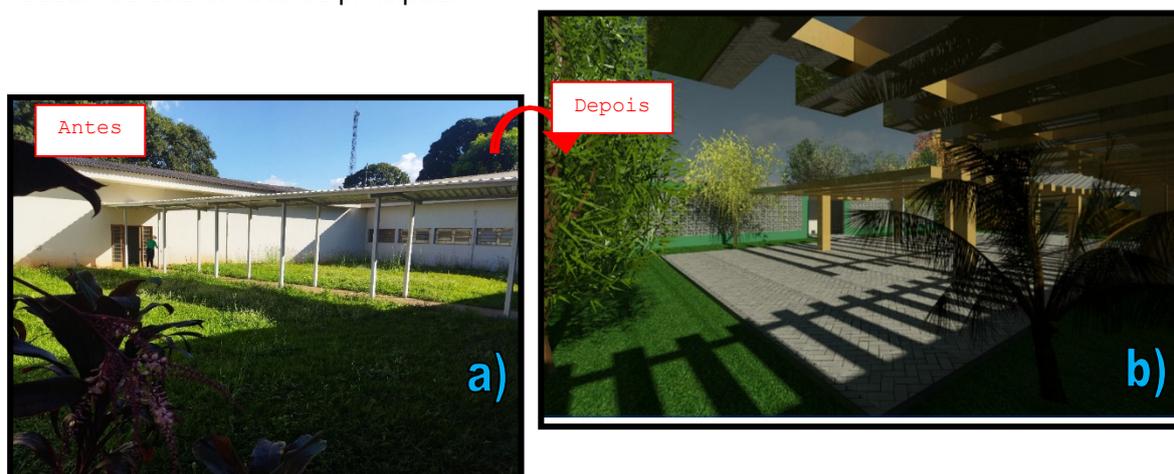


Figura 6 a) Pátio Antes b) Render software de projeto com tecnologia BIM pátio Depois. Fonte: Autor.

Na Fig.6b) pela imagem renderizada, pode verificar os pergolados e arborização proposta no pátio de convivência, trazendo vida e aconchego para um momento de descanso, o mesmo se considera para os dois pátios que existem no pavilhão, seguindo a mesma proposta para ambos.



Figura 7 a) Fachada Estendida Antes b) Render REVIT Fachada Estendida Depois. Fonte: Autor.

Na Fig.7b), pode observar o brise da fachada frontal que for a mencionado, para auxiliar na diminuição de incidência solar nas salas de aulas, o mesmo será disposto em toda a fachada cobrindo todas as janelas.

Trouxemos nessa etapa da pesquisa algumas figuras chaves, em que as mesmas demonstrariam pelo Render os aspectos trabalhados com o Retrofit, com a modelagem 3D da ferramenta software de projeto com tecnologia BIM, é uma facilitadora de visualização, trazendo assim mais informação e auxiliando no desenvolvimento do projeto.

Nessa etapa do projeto, foi desenvolvido o projeto arquitetônico com auxílio do software de projeto com tecnologia BIM, mas a pesquisa se estende para projetos futuros, a saber: a modelagem hidráulica, elétrica, e de planejamento, com softwares que abrangem da Plataforma BIM.

Nas modelagens posteriores será possível visualizar de maneira mais clara, a aplicação de energia renovável e metodologias construtivas de uma edificação do futuro, usando demais ferramentas do BIM, como Naviswork, Revit MEP, QiElétrico, QiHidrossanitário, entre outros.

Os projetos tem o intuito de mostrar a revitalização ocasionada pelo Retrofit, seja o arquitetônico, que traz metodologias estéticas de amenização, tanto quanto os projetos complementares que trazem soluções eficientes e permanentes.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depreende-se com estudo realizado, a importância que o método *retrofit* está tendo na revitalização dos estoques de construções antigas, em que as mesmas são responsáveis por cerca de 30% de emissão de gás carbono. O *retrofit* apresenta hoje, como uma metodologia, para desenvolver nas edificações condenadas, recursos e métodos renováveis e sustentáveis, fazendo com que o mesmo se torne uma construção eficiente e responsável.

O projeto arquitetônico do pavilhão pedagógico I do Instituto Goiano Rio Verde, desenvolvido na plataforma BIM, é apenas a primeira etapa de um estudo extenso para aplicar o retrofit no mesmo. Nessa etapa já podemos visualizar que o projeto do prédio proporcionou acessibilidade, e também se desenvolve toda a estética da fachada, aberturas de vãos, corredores de ligação, pensando em aproveitar o máximo de luz e ventilação natural, diminuindo assim os gastos energéticos.

No final de estudo, o objetivo principal é que a edificação do pavilhão se torne referência em edificação do futuro, sendo sustentável e auto suficiente. Portanto, podemos concluir que todas as etapas para o desenvolvimento desse escopo do *retrofit*, é de suma importância, visto que no final todos esses métodos aplicados serão uma soma para tornar o edifício sustentável.

REFERÊNCIAS

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

AUTODESK INC. **Design and build with BIM Building Information Modeling**. Autodesk, 2021. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>>. Acesso em: fevereiro. 2022.

AUTODESK INC. **Design and build with BIM Building Information Modeling**. Autodesk, 2021. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>>. Acesso em: jan. 2022.

BARRIENTOS, M.I.G.G, QUALHARINI, E.L. **Retrofit de construções: metodologia de avaliação**. I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman, Porto Alegre, 2014.

HU, Xinyi et al. **Active–passive combined energy-efficient retrofit of rural residence with non-benchmarked construction**: A case study in Shandong province, China. *Energy Reports*, v. 7, p. 1360-1373, November 2021. ISSN 2352-4847. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721001438>>. Acesso em: jan. 2022.

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

SARTORI, THAIS GONÇALVES. **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.

CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista IBRACON de Estruturas e Materiais – Special Edition: Concrete Sustainability)

Aplicação de um estudo *retrofit* numa edificação educacional, tornando-a uma construção sustentável

Application of a retrofit study in an educational building, making it a sustainable construction

RESUMO: Em se tratando da emissão de CO₂ na atmosfera, um dos gases mais considerados do efeito estufa, 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 uma 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*, assim como pela sua 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: *Retrofit*, sustentabilidade, eficiência energética, BIM.

Abstract: When it comes to the emission of CO₂ into the atmosphere, one of the most considered greenhouse gases, the civil construction stock is associated with one of the highest rates of emission of the gas in reference, in this way, directly related to buildings, the concern with the crisis energy and environmental sustainability. The retrofit proposal presents a solution to reduce the impact caused by the construction sector, adding renovation and adaptation of condemned buildings. The research in question aims to show the evaluation made in an educational building that presents considerable pathologies, need to adapt to accessibility, energy, thermal and luminance deficiencies, in addition to the purpose of developing a layout of the retrofit project, with the aid of a software of BIM modeling, and to present to the institution relevant proposals for the improvement of the building. After the development of the entire process, it is concluded that the retrofit study is relevant, as well as its importance for the construction stock, whose applicability makes the building sustainable, self-sufficient and a construction model for the future, being beneficial to the building and the environment.

Keywords: Retrofit, sustainability, energy efficiency, BIM.

1 INTRODUÇÃO

Um dos temas mais discutidos na atualidade é a sustentabilidade, que se relaciona com vários aspectos de nossas vidas e há muito tempo vem sendo uma pauta considerada e discussões globais, tendo já sido propostas 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, em torno de 38%, é devida ao setor da construção.

De acordo com Sartori (2018), sabemos que o estoque de construções é responsável por 30% a 40% do consumo energético no mundo todo, 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 ainda que na maioria dos países o estoque de edificações existente é muito grande e que a implementação de estímulos para suas reformas seria de grande importância na tentativa de cumprir as metas estabelecidas.

O *retrofit* se apresenta como uma solução para alcançar esse objetivo, visto que a implementação de estratégias de *retrofit* proporciona benefícios econômicos e melhora a qualidade do ambiente interno. (HIKMAT ALI e RIFQA 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, assim, um 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 à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética”.

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:

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

Segundo Gritti, G.C et al. (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, e busca soluções para os problemas criados por ela mesma.

Doug Gatlin, vice-presidente do US Green Building Council, explica que, para o retrofit ser considerado sustentável, é necessário atualizar uma determinada edificação para melhorar sua 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 ao conceito de sustentabilidade e à 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, J.C (2019), sistemas de certificações de construções sustentáveis são comuns em países europeus, assim como nos Estados Unidos, Japão, Canadá, Austrália e Hong Kong (AZHAR et al., 2011; BUENO & ROSSIGNOLO, 2010; DALLA COSTA & MORAES, 2013; CANDACE SAY, 2008; SILVA et al., 2003; ZANGALLI, 2013).

A Tabela 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 de certificações referentes a empreendimentos no Brasil apresenta divergência entre o website americano e o brasileiro da mesma instituição, razão pela qual são apresentadas as duas versões.

Tabela 1 – 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 J.C (2019)

As certificações são atribuídas à quantidade de pontos obtidos em cada uma das nove categorias avaliadas (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, a uma certificação ‘verde’, garantindo assim perante as exigências globais que tal construção pode ser considerada sustentável.

Ainda em se tratando de medidas preventivas, temos a relação da eficiência energética, pois, segundo Chaves, V.M. (2018), fortes políticas de eficiência energética são vitais para alcançar metas de redução de contas de energia e 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 que culminam na redução da energia necessária para atender às 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 seu potencial em 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 se preocupa 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 se estende além dos eletrodomésticos e automóveis, chegando às edificações e construções, onde se buscam meios para estabelecer tais metas na edificação, sejam elas existentes ou não, procurando, assim, meios e conceitos para se chegar ao objetivo principal, que se resume em eficiência.

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 BIM (REVIT), com todos os aspectos visíveis que podem ser alterados para tornar tal edificação sustentável.

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

2 DESENVOLVIMENTO

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 1.



FIGURA 1 VISÃO SUPERIOR PAVILHÃO PEDAGÓGICO I (PPI). FONTE: GOOGLE MAPS

O estudo foi iniciado em campo com o levantamento de dados necessários para fazer a análise da edificação e fazer o layout do projeto. As avaliações iniciais foram feitas do dia 26 de março de 2021 a 01 de maio de 2021. Nessa primeira etapa da pesquisa, foi feita uma avaliação inicial dentro das 32 salas no edifício, feitos o registro fotográfico, mapeando as salas e identificando as patologias verificadas visualmente, e também o levantamento arquitetônico das salas.

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

2.1 Avaliação sonora, temperatura e luminância

Para essa primeira etapa, foram escolhidas 7 salas de aulas como amostragem para as medições com os equipamentos citados acima. A Tabela 2 exibe os dados coletados.

Tabela 2. 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 1 - Trecho 1	39.4	22.5	113.8	27.5	28.6	28.9	28.9	35.0
Circulação 1 - Trecho 2		Máx						
Circulação 2	39.4	309	Máx	32.4	31.1	29.4	29.2	34.0

Fonte: A autora

Observou-se, com base nos dados levantados, mostrados na Tabela 2, que, em se tratando da verificação sonora, de acordo com a NBR 10152, o limite aceitável para salas de aula seria de 50dB; já para a norma inglesa, seria de 40dB. Os valores encontrados estão dentro do limite, porém cabe destacar que essa medição foi feita no período da pandemia e, por conta disso, não está havendo aulas presenciais, o que prejudica a precisão do dado.

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

A temperatura na parte externa da edificação era de 34,3°C, dentro das salas de aula houve uma variação de 28.3°C a 30.6°. Para a temperatura, a NR17 brasileira e a EN15251 estabelecem uma 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 uma melhoria no conforto térmico.

2.2 Levantamento patológico e deficiência energética

Juntamente com o levantamento dos elementos físicos apontados no tópico anterior, foram catalogadas as patologias 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 visualizar, a marcação sinaliza os pontos em destaque em letras em cima 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* em cima do projeto real.



FIGURA 2. PLANTA BAIXA PPI FONTE: ACERVO INSTITUIÇÃO.

A Figura 2 mostra a planta baixa da edificação, composta por 33 salas com aproximadamente de 60m² cada. Na própria planta, fizemos a marcação dos pontos mais relevantes observados a olho nu para diagnóstico do projeto. Seguem as considerações referentes à Figura 2.



FIGURA 2 A - FACHADA. FONTE: A AUTORA

Na Figura 2A, pode-se notar a forte incidência solar na fachada da instituição, o que influencia nas altas temperaturas dentro de sala de aula.



FIGURA 2 B – PÁTIO. FONTE: A AUTORA

Na Figura 2B, nota-se a falta de utilização do pátio central da edificação, além da falta de arborização, que poderia estar presente neste espaço.



FIGURA 2 C – CORREDOR. FONTE: A AUTORA

Na Figura 2C, observa-se a falta de iluminação no ambiente, além da falta de ventilação natural.



FIGURA 2 D – SALA. FONTE: A AUTORA

Na Figura 2D, observa-se alta incidência solar dentro da sala de aula, justificando as altas temperaturas já catalogadas.

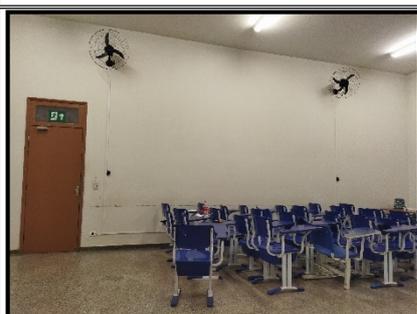


FIGURA 2 E – SALA. FONTE: A AUTORA

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 aparelhos antigos de ar condicionado, acarretando deficiência energética.



FIGURA 2 F – INFILTRAÇÃO E INSTALAÇÃO ANTIGA
. FONTE: A AUTORA

Na Figura 2F, podemos observar o alto índice de infiltração na parede, assim como uma instalação antiga de energia, o que acarreta alto consumo energético mensal. Foi feito um levantamento junto à diretoria e se verificou que o consumo mensal da edificação chega, em média, a 7850 kWh.



FIGURA 2 G – CORREDOR. FONTE: A AUTORA

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

2.3 Diagnóstico

Após o levantamento físico feito com medição sonora, de temperatura e de luminância e o levantamento fotográfico, foram elaborados o diagnóstico do pavilhão e a lista das possíveis medidas a serem tomadas para restaurar e readaptar todo o estabelecimento para se 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 readaptados no pavilhão, sendo eles:

- Brise na fachada, para diminuir a incidência solar;
- A adaptação de paredes de cobogós em todos os corredores para aumentar a luz e a 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 sua 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 assim a poluição ambiental;
- As futuras instalações elétricas serem externas aparentes para que haja menor quantidade de entulho possível; e
- Remover os vidros do corredor, substituindo-os por dispositivos que absorvem som.

Com base no levantamento feito e com as ponderações sugeridas pela diretoria do ensino, foi desenvolvido todo 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.

2.4 Projeto *retrofit* proposto

Após a listagem dos principais pontos a serem modificados na edificação, foi feito o projeto do layout da edificação no software de modelagem BIM para facilitar a amostragem e melhorar a apresentação para o corpo docente. Foi escolhido este software, pois, além de uma facilidade intuitiva, por se tratar de um modelo virtual, é possível utilizar informações reais para analisar conflitos de projeto, ou seja, conseguimos elaborar os projetos complementares e manter a conexão com o projeto principal.

Desta forma, visamos a desenvolver e a elaborar um estudo de retrofit interligado à sustentabilidade ao destacar os valores culturais e a reutilização do que já está construído, poupando recursos e energia. Segundo Delgado (apud LIMA; BRAGANÇA; MATEUS, 2012), a reabilitação tem que ser entendida como a oportunidade de promover a sustentabilidade ambiental, já que pode unir a preservação do patrimônio, a atualização das condições de funcionamento e conforto e a melhoria do desempenho ambiental.

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

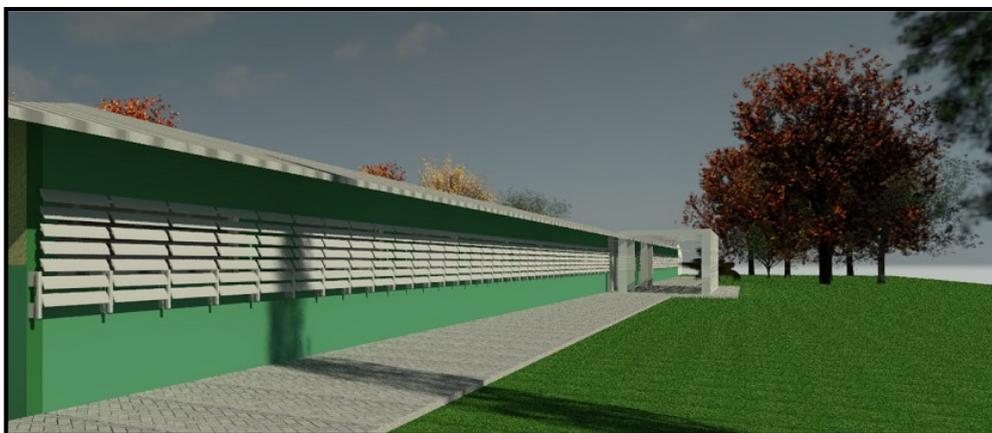


FIGURA 3 – FACHADA RENDERIZADA. FONTE: A AUTORA

Na Figura 3, observa-se a adaptação da fachada norte, com o *brise soileil* (quebra sol), elemento que protege o interior de um ambiente da incidência da luz solar.



FIGURA 4 – NORTE DO PPI. FONTE: GOOGLE MAPS.

Na Figura 4, nota-se que o norte verdadeiro se refere à fachada principal, o que justifica a escolha especificamente desta fachada para ser trabalhada, pois, como o Brasil está localizado no hemisfério sul, ter uma das faces do imóvel voltada para o norte significa mais sol durante o dia. Isso porque ele nascerá a leste e permanecerá mais a norte durante o dia, para se pôr a oeste, portanto é na fachada Norte que haverá a maior incidência solar, logo, é este ponto que precisamos trabalhar, 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 uma determinada área, evitando problemas de superaquecimento, representando um importante recurso para o controle dos ganhos de calor, com redução nos sistemas de condicionamento de ar.

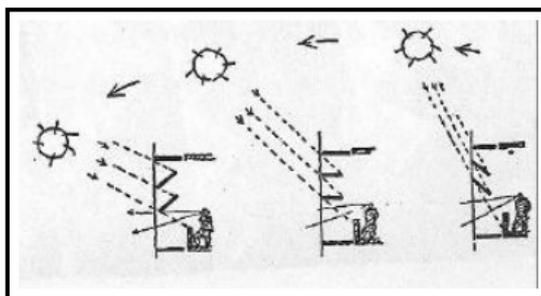


FIGURA 5 – DESENHO ESQUEMÁTICO DE NIEMEYER PARA O BRISE SOLEIL DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE. FONTE: GOODWIN (1943).

Na Figura 5, como ilustrado por Niemeyer, é possível observar o funcionamento interno de um brise soleil, tendo como resultado uma eficiência energética considerável, uma vez que há diminuição do uso do ar condicionado, o que acarreta um consumo menor de gasto energético.

A sugestão da equipe executora é a instalação de uma usina fotovoltaica, visto que temos uma grande área à disposição, e a direção nos permitiria estender a instalação das placas até os estacionamentos, que poderia ser usado como cobertura para os carros,

ficando assim a sugestão para um projeto futuro, em que seria anexada a este estudo uma usina fotovoltaica para o pavilhão pedagógico I.



FIGURA 6 A – FACHADA REAL **6B** RENDER FACHADA PROPOSTA –FONTE: A AUTORA.

As Figura 6 A, B mostram a diferença entre a fachada real e a proposta retrofit já mencionada, destacando os *brise soleil* e o pergolado da fachada, em que, além de uma estética moderna, é contextualizada a utilização de elementos estéticos para trabalhar com o problema de incidência solar, tornando, assim, o ambiente mais arejado e iluminado naturalmente, por consequência, uma edificação sustentável, com eficiência energética e eficiência de iluminação.

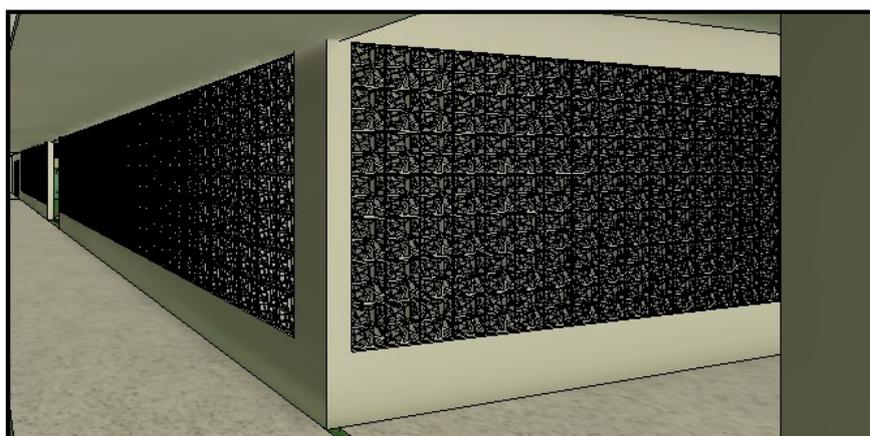


FIGURA 7 – VISTA 3D DOS CORREDORES DO PAVILHÃO. FONTE: A AUTORA.

Na Figura 7, é possível visualizar a utilização dos cobogós no lugar de umas janelas pequenas que tinham vidro, desta forma, propiciando ao ambiente mais

ventilação e mais luz natural, o que o torna mais eficiente energeticamente, visto que irá diminuir o consumo de lâmpadas fluorescente, 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, melhora o índice de qualidade do ar através da troca constante. É recomendável para criar ambientes salubres que reduzem gastos energéticos, com redução no uso da climatização artificial.

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



FIGURA 8 – VISTA 3D RENDERIZADA DO PÁTIO PRINCIPAL. FONTE: A AUTORA.

Na Figura 8, é possível visualizar o novo conceito sugerido para o pátio, que se torna um ambiente de confraternização e troca, além de um aproveitamento melhor 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 em que os alunos podem ter um espaço mais privado no pavilhão para ficar entre as folgas de horários e continuar estudando.



FIGURA 9 – VISTA GERAL 3D RENDERIZADA. FONTE: A AUTORA.

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 feitas por toda a equipe executora para tornar a edificação sustentável. Na imagem, observa-se uma modelagem na fachada, em que se emprega um pergolado com o mesmo design dos cobogós internos, notam-se também modernização e revitalização dos pátios de conexões, trazendo mais arborização e os pergolados para um lugar de convivência em harmonia com a natureza entre os alunos.

5 CONCLUSÕES

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

Portanto, a metodologia e estudo *retrofit* vem pra auxiliar na remodelação e adaptação dessas edificações para torná-las sustentáveis e ecologicamente corretas, por fim, eficientes energeticamente. E com o estudo apresentado podemos garantir que, após o *retrofit* aplicado, o Pavilhão Pedagógico I se tornará uma construção sustentável e autossuficiente, além de moderna e sofisticada.

Após o desenvolvimento da remodelação retrofit, o pavilhão terá eficiência energética, por conta da otimização de consumo, em que os brises soleil e os cobogós acarretam menos gasto, além da substituição por uma energia renovável, e 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 em que todo o processo de demolição e de reforma seja feito de acordo com o conceito de construção enxuta para que, assim, possamos ter um 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 a importância de utilizar o BIM para que todos os anexos sejam compartilhados em uma mesma plataforma.

Contudo, nessa primeira etapa, já temos como resultado da aplicação do *retrofit* no projeto arquitetônico uma construção sustentável, por consequência, alcançamos o objeto principal de todo o escopo desenvolvido.

REFERÊNCIAS

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

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

BU, Shanshan et al. **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.

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.** https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.

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

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

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.

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>

SARTORI, THAIS GONÇALVES. **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.

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.

RECOMENDAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados adquiridos com os projetos apresentados e embasado no aporte literário neste trabalho curso, recomenda-se para trabalhos futuros a incorporação ao presente modelo de trabalho, o desenvolvimentos dos projetos complementares como o hidraulico e elétrico, todos com aspecto retrofit.

Por fim, sugere a incorporação do Projeto de usina fotovoltaica no local do estacionamento para abastecimento energético do pavilhão, assim como a otimização do sistema funcional do pavilhão, com desenvolvimento de inteligencia para as portas e o acesso ao pavilhão.