



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**RETROFIT DE EDIFICAÇÕES DO INSTITUTO FEDERAL
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE**

BACUS DE OLIVEIRA NAHIME

Ilha Solteira, SP

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – CAMPUS ILHA SOLTEIRA

**RETROFIT DE EDIFICAÇÕES DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO –
CAMPUS RIO VERDE**

BACUS DE OLIVEIRA NAHIME

\

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

Ilha Solteira - SP

Julho, 2026

RESUMO

NAHIME, Bacus Oliveira. **Retrofit de edificações do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde**. 2026. Relatório de Pós realizado entre o período de 1/9/2022 a 31/1/2026. Universidade Estadual Paulista – Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2020.

O presente relatório consolida as atividades desenvolvidas durante o estágio pós-doutoral voltadas à aplicação da técnica de retrofit associada à Modelagem da Informação da Construção em edificação pública educacional. A pesquisa foi estruturada como estudo de caso aplicado ao Pavilhão Pedagógico I do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, contemplando diagnóstico técnico, modelagem arquitetônica em ambiente BIM, desenvolvimento e compatibilização de projetos complementares, análise estrutural e avaliação comparativa econômica e ambiental entre as alternativas de retrofit e reconstrução integral. A modelagem digital permitiu reconstrução fiel da condição existente, simulação de intervenções, extração precisa de quantitativos e integração multidisciplinar. A análise estrutural demonstrou viabilidade técnica do reaproveitamento com reforços pontuais, enquanto a avaliação comparativa evidenciou redução significativa no consumo de materiais, geração de resíduos, emissões estimadas de CO₂, custos globais e prazo de execução. Os resultados confirmam que o retrofit, quando associado ao BIM, constitui estratégia tecnicamente consistente e ambientalmente vantajosa para requalificação de edificações públicas, consolidando metodologia integrada e replicável para contextos similares.

Palavras-chave: Retrofit; BIM; Sustentabilidade; Requalificação de edificações; Análise estrutural; Viabilidade econômica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.1	1 Diagnóstico técnico e levantamento in loco	4
2.2	Modelagem arquitetônica em ambiente BIM	6
2.3	Desenvolvimento dos projetos complementares em ambiente BIM	8
2.4	Retrofit estrutural e modelagem estrutural	11
2.5	Análise comparativa econômica e ambiental	13
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
3.1	Diagnóstico técnico da edificação	15
3.2	Retrofit arquitetônico em bim	25
3.2.1	Avaliação sonora, de temperatura e luminância	25
3.2.2	Levantamento de informações	26
3.2.3	Soluções propostas	28
3.2.4	Projeto do <i>retrofit</i> proposto	29
3.3	Projetos Complementares	33
3.3.1	Projeto Elétrico	34
3.3.2	Projeto Hidráulico	36
3.4	Análise econômica e ambiental	37
3.5	Retrofit Estrutural	39
3.6	Comparação econômica e ambiental	43
4	CONCLUSÃO	50
5	REFERÊNCIAS	51
6	RELAÇÃO DE PUBLICAÇÕES	53
7	FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	56
8	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	57
	ANEXOS	Erro! Indicador não definido.

ANEXO A – DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS.....	58
ANEXO B - AVALIAÇÃO DO SUPERVISOR	80

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil desempenha papel fundamental na infraestrutura contemporânea, porém está diretamente associado a elevados níveis de consumo energético e emissão de gases de efeito estufa. Estima-se que o estoque de edificações seja responsável por parcela significativa do consumo global de energia e das emissões de carbono, tornando urgente a adoção de estratégias que promovam maior eficiência e sustentabilidade no ambiente construído (Sartori, 2018; GlobalABC, 2020).

Diante desse cenário, o retrofit tem sido amplamente discutido como alternativa técnica e ambientalmente viável à demolição e reconstrução de edificações existentes. Considerando o elevado custo econômico e ambiental associado à construção de novos edifícios, a requalificação de estruturas já consolidadas mostra-se mais eficaz sob os pontos de vista técnico e financeiro (Hu et al., 2021). Conforme estabelecido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2021), retrofit consiste na remodelação ou atualização do edifício ou de seus sistemas por meio da incorporação de novas tecnologias e conceitos, visando à valorização do imóvel, à ampliação da vida útil e à melhoria da eficiência operacional e energética.

Além da questão energética, o setor da construção é responsável por expressiva geração de resíduos sólidos, representando entre 30% e 40% do volume total de resíduos urbanos em diversos países (Peng et al., 2018). A prática do retrofit contribui para a mitigação desses impactos ao priorizar o reaproveitamento estrutural e a redução da extração de novos recursos, alinhando-se às diretrizes de desenvolvimento sustentável propostas desde o Relatório Brundtland (1987).

No contexto de edificações educacionais, a necessidade de modernização torna-se ainda mais evidente. Ambientes universitários antigos frequentemente apresentam deficiências relacionadas à acessibilidade, conforto térmico, acústico e desempenho energético, exigindo intervenções que conciliem preservação arquitetônica e atualização tecnológica (Kadrić et al., 2022). A reabilitação, nesse sentido, representa oportunidade estratégica para promover melhoria das condições de uso e adequação normativa, sem descaracterizar a identidade histórica das edificações.

A Modelagem da Informação da Construção, conhecida como BIM, tem se consolidado como ferramenta essencial para a integração e gestão de projetos. O BIM possibilita a criação e o gerenciamento de modelos digitais que incorporam informações multidisciplinares ao longo do ciclo de vida da edificação (Autodesk Inc., 2021). Sua aplicação em projetos de retrofit favorece a compatibilização entre sistemas, a redução de inconsistências e a análise comparativa de

alternativas técnicas, contribuindo para decisões mais sustentáveis (Motalebi; Rashidi; Nasiri, 2022; Hong; Hammad; Nezhad, 2022).

No Brasil, a difusão da metodologia BIM vem sendo incentivada por políticas públicas voltadas à modernização do setor da construção (Viana; Carvalho, 2021), reforçando sua relevância como instrumento de inovação tecnológica e eficiência na gestão de obras públicas.

O presente estudo teve como objeto de estudo o Pavilhão Pedagógico I do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, edificação com aproximadamente 3.000 m², caracterizada por patologias construtivas, limitações de acessibilidade e deficiências relacionadas ao desempenho energético e ambiental.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada como estudo de caso aplicado ao Pavilhão Pedagógico I do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, edificação de uso educacional com aproximadamente 3.000 m² de área construída. A escolha do objeto fundamentou-se em sua relevância histórica institucional, na presença de patologias construtivas e na necessidade de adequação às exigências contemporâneas de desempenho energético, acessibilidade e sustentabilidade.



Figura 1. Visão superior do Pavilhão Pedagógico I - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

Fonte: Google Earth (2023)

2.1 1 Diagnóstico técnico e levantamento in loco

O diagnóstico técnico constituiu a etapa inicial e estruturante da pesquisa, tendo como objetivo compreender as condições reais da edificação, identificar patologias construtivas, verificar limitações funcionais e estabelecer base técnica para as etapas subsequentes de modelagem e proposição de retrofit.

Inicialmente, foi realizada conferência métrica completa do Pavilhão Pedagógico I, incluindo:

- Medição de ambientes internos, corredores e circulações
- Verificação de pé-direito
- Espessuras de paredes
- Dimensões de vãos de portas e janelas
- Identificação de elementos estruturais aparentes

As medições foram executadas com trena metálica, trena a laser e nível, visando garantir precisão dimensional. Esse levantamento permitiu verificar divergências entre o projeto disponível no acervo institucional e a situação construída atual, considerando intervenções realizadas ao longo do tempo sem atualização formal de documentação.

O resultado dessa etapa foi a consolidação de uma planta base confiável para posterior modelagem em ambiente BIM.

Foi realizado registro fotográfico detalhado de todos os ambientes internos e fachadas externas. As imagens foram organizadas por setor e numeradas conforme correspondência com a planta baixa.

O levantamento fotográfico teve como finalidade:

- Documentar manifestações patológicas
- Identificar alterações construtivas não registradas
- Mapear falhas de acessibilidade
- Registrar condições de iluminação e ventilação natural

Esse procedimento permitiu construir um banco de dados visual para subsidiar decisões projetuais e justificar tecnicamente as intervenções propostas.

A inspeção visual possibilitou identificar manifestações como:

- Infiltrações e manchas de umidade
- Desplacamento de revestimentos
- Fissuras superficiais
- Desgaste de pisos
- Falhas em esquadrias
- Problemas de pintura
- Ausência de adequação à acessibilidade

As patologias foram classificadas conforme sua natureza, estrutural, funcional ou estética, e quanto ao grau de intervenção necessário, manutenção corretiva simples, substituição parcial ou intervenção mais abrangente.

Esse mapeamento foi essencial para definir quais elementos deveriam ser mantidos,

recuperados ou substituídos no processo de retrofit.

Foram realizadas observações e registros quanto a:

- Incidência solar nos diferentes períodos do dia
- Condições de ventilação cruzada
- Existência de sombreamento natural
- Condições de iluminação natural
- Presença de dispositivos de condicionamento artificial

Embora não tenha sido conduzida medição instrumental contínua nesta etapa, a análise qualitativa permitiu identificar ambientes com desconforto térmico evidente, excesso de ganho solar e insuficiência de ventilação natural.

Essas informações orientaram decisões posteriores relacionadas à reorganização de aberturas, inclusão de elementos vazados e redefinição de layout.

Foi realizada verificação das condições de acessibilidade, considerando:

- Existência de desníveis sem rampas
- Dimensões inadequadas de circulação
- Ausência de corrimãos
- Inexistência de sanitários adaptados
- Largura insuficiente de portas

A constatação de barreiras arquitetônicas foi um dos principais vetores motivadores da intervenção, uma vez que a edificação não atendia plenamente às exigências normativas vigentes.

Os dados coletados foram organizados em:

- Planta diagnóstica com marcação de patologias
- Relatório descritivo técnico
- Registro fotográfico indexado
- Identificação de prioridades de intervenção

A consolidação do diagnóstico permitiu definir as diretrizes do retrofit, priorizando reaproveitamento estrutural sempre que possível, correção de falhas funcionais e melhoria do desempenho ambiental.

2.2 Modelagem arquitetônica em ambiente BIM

A modelagem arquitetônica constituiu a etapa central de consolidação técnica do diagnóstico realizado. A partir das informações obtidas no levantamento in loco, foi desenvolvido um

modelo digital tridimensional do Pavilhão Pedagógico I em ambiente BIM, utilizando o software Autodesk Revit.

O objetivo dessa etapa não foi apenas reproduzir a edificação existente, mas estruturar uma base paramétrica que permitisse simular intervenções, quantificar elementos e integrar informações técnicas para as fases posteriores do retrofit.

Inicialmente, foi elaborado o modelo digital correspondente à condição existente da edificação, denominado modelo as built. Esse modelo foi desenvolvido com base:

- Na planta conferida durante o levantamento métrico
- Nas correções dimensionais identificadas in loco
- Na identificação de alterações realizadas ao longo do tempo

Foram modelados:

- Paredes internas e externas
- Pisos e lajes
- Cobertura
- Esquadrias
- Elementos estruturais aparentes
- Circulações e áreas comuns

Essa etapa garantiu que todas as decisões subsequentes fossem tomadas sobre uma base geométrica fiel à realidade construída.

Após a modelagem inicial, os elementos foram parametrizados quanto a:

- Espessura e composição de paredes
- Tipologia de esquadrias
- Materiais de revestimento
- Alturas de pé-direito
- Inclinação e composição de cobertura

A parametrização permitiu associar informações quantitativas e qualitativas aos componentes, viabilizando posteriormente extração de quantitativos, simulações e análises comparativas.

Com o modelo as built consolidado, iniciou-se a modelagem das propostas de intervenção.

Foram realizadas simulações envolvendo:

- Redefinição de layout interno
- Ampliação ou reposicionamento de aberturas
- Inclusão de elementos vazados de concreto para ventilação e iluminação
- Substituição de esquadrias
- Adequações de acessibilidade

- Redefinição de fluxos de circulação

Cada intervenção foi testada digitalmente antes de sua consolidação, permitindo avaliar impactos espaciais e interferências com sistemas existentes.

Essa abordagem reduziu incertezas técnicas e evitou decisões baseadas exclusivamente em representação bidimensional.

A modelagem tridimensional possibilitou verificar:

- Conflitos entre novas aberturas e elementos estruturais
- Interferências com sistemas elétricos e hidrossanitários
- Impactos na ventilação e iluminação natural
- Alterações volumétricas da edificação

A visualização integrada favoreceu a tomada de decisão técnica, principalmente na definição de quais elementos deveriam ser mantidos, reforçados ou substituídos.

Com o modelo parametrizado, foi possível extrair quantitativos automáticos de:

- Áreas de intervenção
- Volume de demolições parciais
- Quantidade de novos elementos construtivos
- Área de esquadrias
- Área de revestimentos

Esses dados foram fundamentais para subsidiar a etapa posterior de análise estrutural e avaliação econômica.

Ao final da etapa, o modelo arquitetônico passou a representar a proposta consolidada de retrofit, integrando:

- Adequação funcional
- Atualização tecnológica
- Melhoria de desempenho ambiental
- Correção de falhas de acessibilidade
- Preservação das características essenciais da edificação

O modelo BIM arquitetônico tornou-se, portanto, a base de integração para os projetos complementares e para o desenvolvimento do retrofit estrutural.

2.3 Desenvolvimento dos projetos complementares em ambiente BIM

Com o modelo arquitetônico de retrofit consolidado, iniciou-se a etapa de desenvolvimento e integração dos projetos complementares, especificamente os sistemas elétrico e hidrossanitário.

Essa fase teve como objetivo garantir compatibilização multidisciplinar, conformidade normativa e racionalização técnica das intervenções propostas.

A utilização do ambiente BIM permitiu que os sistemas fossem desenvolvidos sobre a geometria real da edificação, reduzindo imprecisões comuns em projetos bidimensionais.

O desenvolvimento do projeto elétrico considerou tanto a situação existente quanto as demandas decorrentes da nova configuração espacial proposta no retrofit.

Foram executadas as seguintes etapas:

- Levantamento das cargas existentes
- Identificação de quadros de distribuição
- Análise da distribuição de circuitos
- Verificação da necessidade de redimensionamento de condutores
- Atualização da localização de pontos de iluminação e tomadas

A modelagem incluiu:

- Eletrodutos
- Caixas de passagem
- Quadros elétricos
- Luminárias
- Interruptores e tomadas

A proposta considerou a adoção de soluções que favorecessem manutenção simplificada e redução de interferências construtivas, incluindo avaliação de instalações aparentes em determinados trechos, visando otimização econômica e redução de geração de resíduos.

A modelagem tridimensional possibilitou verificar interferências com elementos estruturais e arquitetônicos antes da consolidação do projeto.

O projeto hidrossanitário foi desenvolvido considerando adequações funcionais, atualização normativa e integração com as novas demandas espaciais.

As etapas envolveram:

- Identificação da rede existente
- Verificação de pontos de alimentação e esgotamento
- Análise de inclinações e trajetos de tubulação
- Avaliação da necessidade de redimensionamento

Foram modelados:

- Tubulações de água fria
- Tubulações de esgoto
- Conexões

- Pontos de consumo
- Elementos sanitários

A modelagem permitiu verificar conflitos com vigas, lajes e paredes, possibilitando ajustes antes da etapa executiva.

Uma das principais contribuições dessa etapa foi a compatibilização entre:

- Arquitetura
- Sistema elétrico
- Sistema hidrossanitário

O ambiente BIM permitiu identificar:

- Interferências geométricas entre tubulações e vigas
- Conflitos entre eletrodutos e forros
- Sobreposição de sistemas em áreas técnicas
- Necessidade de readequação de passagens

Essas verificações foram realizadas por meio de análise visual tridimensional e revisão sistemática de sobreposições.

A detecção prévia de conflitos reduziu a probabilidade de retrabalho e reforçou a confiabilidade técnica da proposta de retrofit.

A partir dos modelos complementares foi possível extrair:

- Quantidade de cabos e eletrodutos
- Volume de tubulações
- Número de pontos elétricos
- Quantidade de dispositivos sanitários

Esses dados subsidiaram a etapa posterior de análise econômica comparativa e planejamento executivo.

Ao final da etapa, o modelo digital passou a representar a edificação retrofitada com integração arquitetônica, elétrica e hidrossanitária. A consolidação desses sistemas em ambiente único proporcionou:

- Visão holística do projeto
- Maior precisão na estimativa de materiais
- Base consistente para análise estrutural
- Fundamentação técnica para avaliação de viabilidade econômica e ambiental

Essa integração estabeleceu as condições necessárias para o desenvolvimento do retrofit estrutural e para a análise comparativa entre reaproveitamento e reconstrução.

2.4 Retrofit estrutural e modelagem estrutural

A etapa estrutural foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica do reaproveitamento da estrutura existente, bem como mensurar os impactos comparativos entre a adoção do retrofit e a hipótese de reconstrução integral da edificação.

Considerando que o Pavilhão Pedagógico I não possuía documentação estrutural completa disponível, foi necessária a reconstrução hipotética do sistema estrutural com base em levantamento in loco e interpretação da configuração arquitetônica original.

Inicialmente, realizou-se inspeção visual detalhada para identificação de:

- Pilares aparentes
- Vigas de contorno
- Espessura de lajes
- Alinhamento estrutural
- Possíveis ampliações realizadas ao longo do tempo

A partir dessas observações e da leitura das plantas arquitetônicas originais, foi proposta uma hipótese estrutural coerente com o sistema construtivo predominante à época da edificação.

Essa etapa foi fundamental para compreender o comportamento global da estrutura e definir os limites possíveis de intervenção.

A modelagem estrutural foi desenvolvida em software específico para cálculo estrutural, considerando:

- Lançamento de pilares, vigas e lajes
- Definição de seções transversais
- Determinação de cargas permanentes e variáveis
- Aplicação de combinações de carga críticas
- Verificação de esforços internos

Foram avaliados:

- Esforços axiais
- Momentos fletores
- Esforços cortantes
- Deslocamentos globais
- Índices de esbeltez

A análise buscou verificar se os elementos existentes suportariam as intervenções propostas no retrofit, especialmente alterações de aberturas, remoção parcial de paredes e inserção de novos elementos construtivos.

Com base na análise realizada, foram definidos três tipos de intervenção: Elementos mantidos

integralmente; Elementos com necessidade de reforço e; Elementos com necessidade de substituição ou redimensionamento.

Nos casos de abertura de novas passagens ou ampliação de vãos, foram dimensionadas vigas de reforço para redistribuição de cargas. A modelagem permitiu avaliar o impacto dessas alterações no comportamento global da estrutura.

A partir do modelo estrutural foram extraídos quantitativos de:

- Volume de concreto
- Quantidade de aço
- Área de fôrmas
- Volume de elementos a serem demolidos

Esses dados permitiram estabelecer comparativo técnico entre:

- a) Manutenção estrutural com reforços pontuais
- b) Demolição integral e construção de nova estrutura

A quantificação foi essencial para subsidiar a etapa de análise ambiental e econômica.

Foram elaborados dois cenários comparativos:

Cenário 1 – Retrofit estrutural

Reaproveitamento da maior parte dos elementos estruturais existentes, com reforços localizados e adequações pontuais.

Cenário 2 – Reconstrução integral

Demolição total da estrutura existente e execução de nova estrutura com mesmos parâmetros dimensionais.

A comparação considerou:

- Volume total de materiais empregados
- Geração de resíduos
- Emissões associadas à produção de concreto e aço
- Tempo estimado de execução
- Impacto financeiro

Essa abordagem comparativa permitiu avaliar objetivamente as vantagens estruturais, ambientais e econômicas do retrofit.

A análise estrutural demonstrou que o reaproveitamento da estrutura existente, aliado a reforços pontuais estrategicamente dimensionados, apresentou viabilidade técnica e redução significativa de consumo de materiais em comparação à reconstrução integral.

A modelagem estrutural integrada ao BIM permitiu que as decisões fossem tomadas com base em dados quantitativos e simulações, reduzindo incertezas e elevando o nível de precisão

técnica do projeto.

2.5 Análise comparativa econômica e ambiental

A etapa final da metodologia consistiu na avaliação comparativa entre duas hipóteses de intervenção:

Aplicação da técnica de retrofit com reaproveitamento estrutural e reforços pontuais.

Demolição integral da edificação existente e execução de nova estrutura com características equivalentes.

O objetivo foi mensurar, de forma técnica e quantitativa, as diferenças relacionadas a consumo de materiais, geração de resíduos, emissões de CO₂, custos e tempo de execução.

A partir dos modelos estruturais desenvolvidos foram extraídos quantitativos detalhados de:

- Volume de concreto
- Quantidade de aço
- Área de fôrmas
- Volume estimado de demolição

Para o cenário de reconstrução integral, os quantitativos foram estimados considerando estrutura equivalente em termos de área construída e desempenho estrutural.

Os dados obtidos permitiram estabelecer comparações diretas entre o volume total de insumos empregados em cada alternativa.

No cenário de reconstrução integral, considerou-se:

- Volume total de concreto a ser demolido
- Massa de aço a ser removida
- Volume de alvenaria e revestimentos descartados

No cenário de retrofit, foram contabilizados apenas os resíduos decorrentes de:

- Demolições parciais
- Substituição de elementos específicos
- Adequações localizadas

Essa comparação possibilitou avaliar a redução proporcional de resíduos gerados pela manutenção da estrutura existente.

Para estimativa de emissões associadas à produção de materiais estruturais, foram considerados fatores médios de emissão para:

- Produção de concreto
- Produção de aço

As emissões totais foram estimadas multiplicando-se o volume ou massa de cada material pelos respectivos fatores de emissão.

No cenário de reconstrução, contabilizou-se a totalidade das emissões associadas à nova produção de materiais estruturais.

No cenário de retrofit, foram consideradas apenas as emissões referentes aos materiais adicionais utilizados em reforços e adequações.

Essa metodologia permitiu evidenciar o impacto ambiental evitado por meio do reaproveitamento estrutural.

A análise de custos foi realizada com base em tabelas oficiais atualizadas da Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes, contemplando:

- Custos unitários de concreto
- Custos unitários de aço
- Custos de fôrmas
- Custos de mão de obra
- Custos de demolição

Para cada cenário foram elaboradas planilhas de composição considerando:

- Quantitativos extraídos dos modelos
- Coeficientes de produtividade
- Encargos e insumos

O comparativo econômico considerou o custo total estimado para execução da estrutura em cada alternativa.

A estimativa de prazo foi realizada com base em coeficientes médios de produtividade por serviço, considerando:

- Tempo para demolição integral
- Tempo para execução de nova estrutura
- Tempo para execução de reforços estruturais

O cenário de retrofit apresentou menor prazo estimado, devido à manutenção da estrutura principal e redução significativa de etapas construtivas.

A integração das análises permitiu concluir metodologicamente que o cenário de retrofit estrutural apresentou:

- Redução significativa no volume de materiais empregados
- Redução expressiva na geração de resíduos
- Menor emissão estimada de CO₂
- Menor custo global

- Menor prazo de execução

A utilização do BIM foi fundamental para viabilizar essa análise comparativa, pois permitiu extração precisa de quantitativos e integração entre dados geométricos, estruturais e financeiros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados neste capítulo correspondem à consolidação das investigações desenvolvidas ao longo do estágio pós-doutoral, estruturadas em quatro artigos científicos publicados no período. A organização adotada não segue a ordem cronológica das publicações, mas sim a progressão metodológica da pesquisa, iniciando pelo diagnóstico técnico da edificação, passando pela modelagem arquitetônica em ambiente BIM, integração dos projetos complementares, análise estrutural e, por fim, avaliação comparativa econômica e ambiental entre as alternativas de retrofit e reconstrução. Essa sistematização permite evidenciar a evolução técnica do estudo e a maturação progressiva da linha de pesquisa, demonstrando a coerência entre as etapas desenvolvidas e os resultados obtidos.

3.1 Diagnóstico técnico da edificação

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

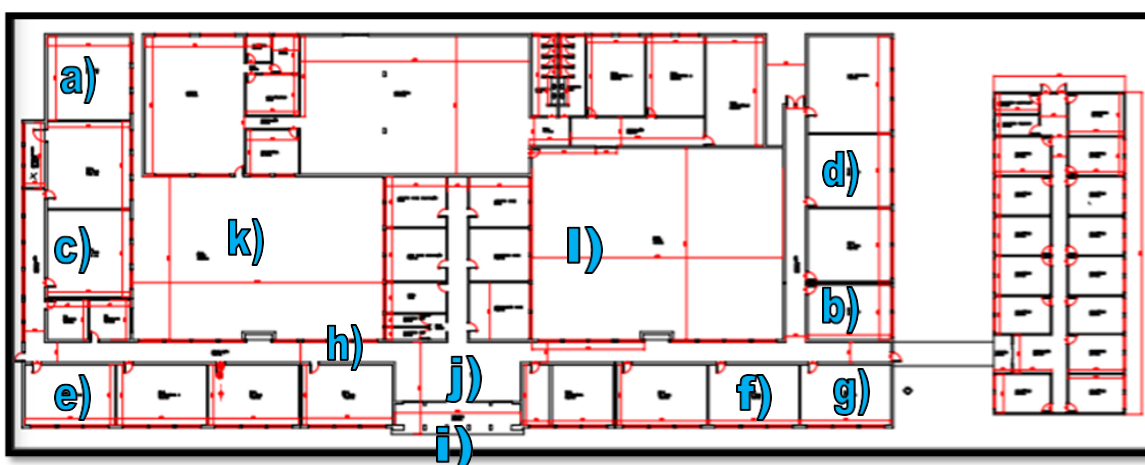


Figura 2 Projeto Pavilhão Pedagógico I Auto Cad. Fonte: Acervo Instituição de Ensino.

A figura 2 é o projeto que se encontra no acervo da instituição, revisado e conferido as métricas, o projeto foi repassado 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 2, e podem ser observadas pelas letras marcadas na Fig. 2, que é correspondente a cada imagem da Fig.3.





Figura 3 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, Patologias e análises verificadas no pavilhão.

Fonte: Autor

Na figura 3, 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 localização na Fig.1. As citações acima foram os pontos de mais relevância diagnosticados visivelmente, lembrando que o levantamento fotográfico foi realizado nas 68 salas, e em todas obteve-se algum diagnóstico a ser considerado para melhorias, portanto para a base de análise e estudo, foram trazidos 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 às temperaturas e luminâncias das salas de aulas, concluindo a 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 autossustentável;
- 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.

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.

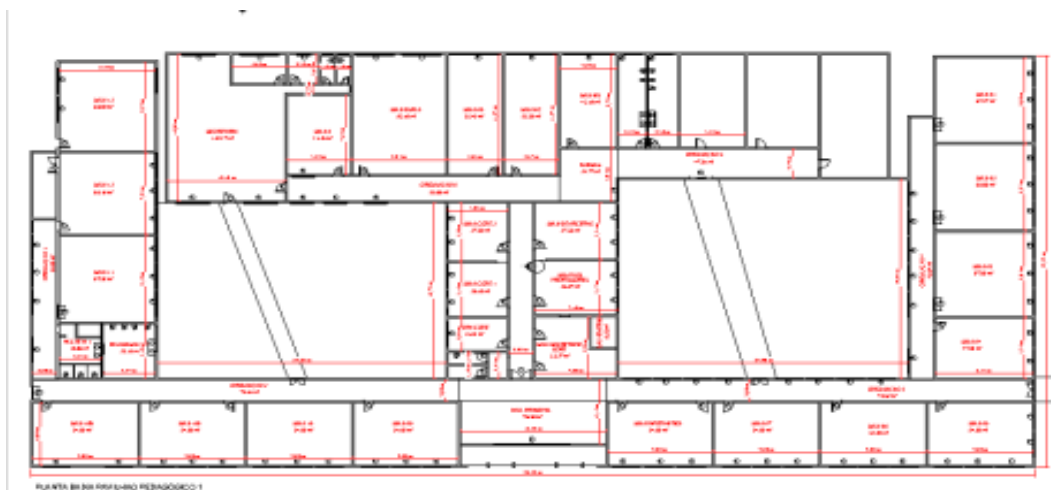




Figura 4 a, b, c, Projeto desenvolvido no REVIT.

Fonte: Autor

A Figura 4 é o projeto desenvolvido no software de projeto com tecnologia BIM, sendo a Fig. 4 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.4 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 e 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 serão ofertadas 5 salas de aula a mais no pavilhão, o 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.

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.

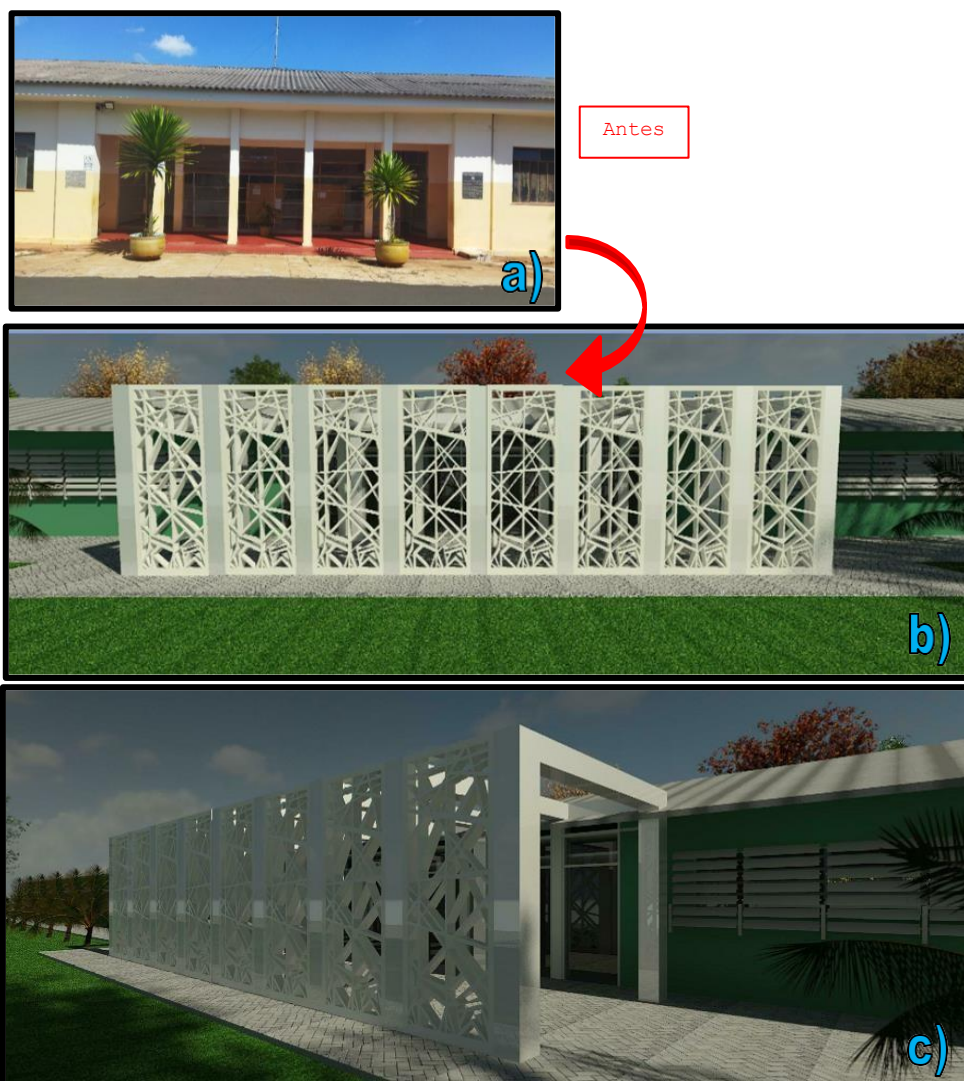


Figura 5 a) Fachada Antes b) c) Render software de projeto com tecnologia BIM Fachada Depois.

Fonte: Autor.

Na Fig. 5b) 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.

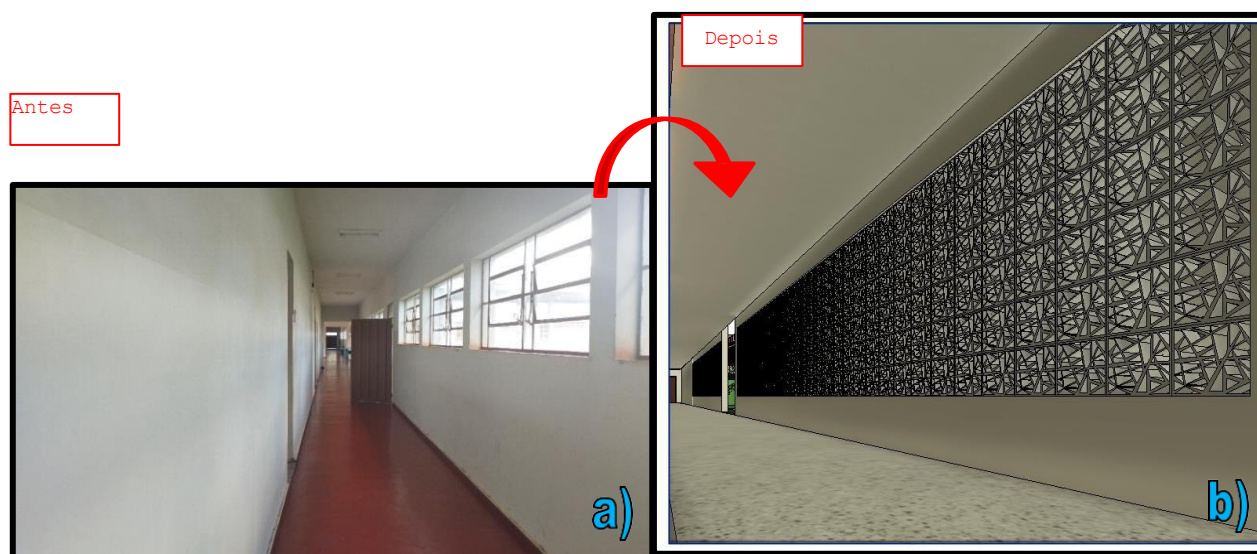


Figura 6 a) Corredor Antes b) c) Render *software* de projeto com tecnologia BIM Corredor Depois.

Fonte: Autor.

Na Fig.6b) pode-se observar a ilustração dos cobogós com o mesmo design da fachada em que foram propostos, como já mencionado, para auxiliar na ventilação e iluminação natural. Na imagem pode-se visualizar o piso de Granitina proposto para todo o pavilhão. A Figura exemplifica um corredor, mas a proposta pode ser visualizada na planta baixa nos dois corredores principais.

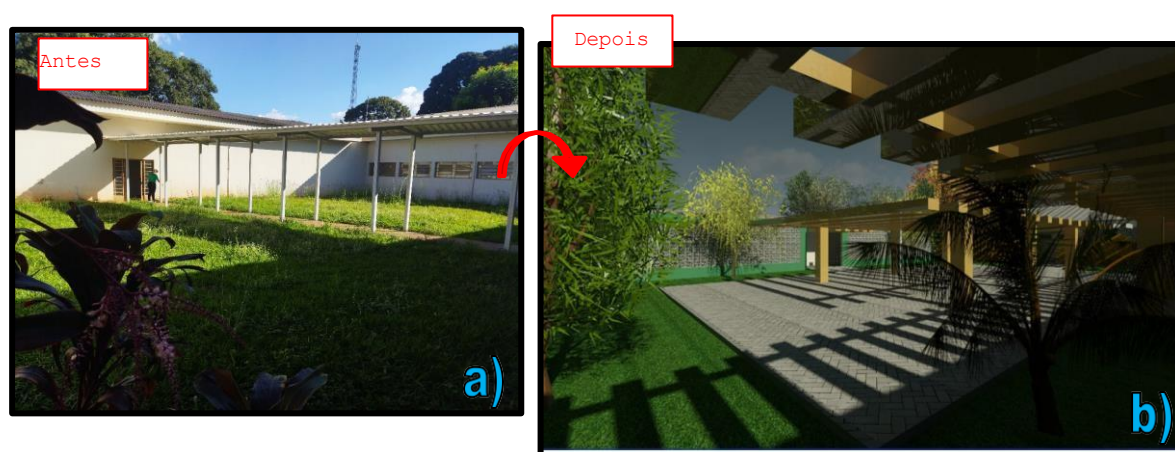


Figura 7 a) Pátio Antes b) c) Render *software* de projeto com tecnologia BIM pátio- Depois.

Fonte: Autor.

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



Figura 8 a) Fachada Estendida Antes b) c) Render REVIT Fachada Estendida Depois. Fonte: Autor.

Na Fig.8b), pode-se observar o brise da fachada frontal que foi mencionado, para auxiliar na diminuição de incidência solar nas salas de aulas, o modelo será disposto em toda a fachada cobrindo todas as janelas.

Nessa etapa da pesquisa foram trazidas algumas figuras chave, que 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 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 têm o intuito de mostrar a revitalização ocasionada pelo Retrofit, seja o arquitetônico, que traz metodologias estéticas de amenização, quanto os projetos complementares que trazem soluções eficientes e permanentes.

3.2 Retrofit arquitetônico em bim

3.2.1 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				
		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)	Teto
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°. 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.

3.2.2 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.

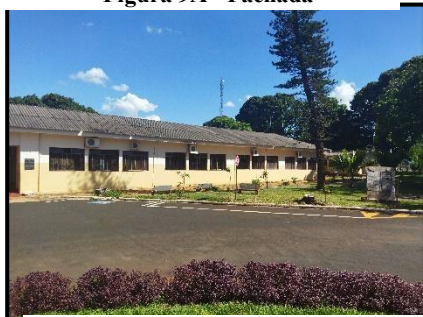
Foi feita uma amostragem dos principais pontos a serem abordados no projeto para a realização da modelagem e a adaptação para uma construção sustentável. Dessa forma, para facilitar a visualização, a marcação sinaliza os pontos em destaque em letras acima da planta baixa da edificação, fornecida pela 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 9 – Planta Baixa PPI Fonte: Acervo Instituição.

Fonte – Acervo da Instituição, 2021.

A Figura 9 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 9.

Figura 9A - Fachada

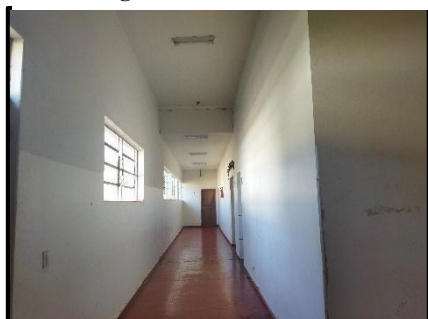
Fonte: Autores, 2021

Na Figura 9A, pode-se notar a forte incidência solar na fachada da instituição, que influencia nas altas temperaturas nas sala de aula.

Figura 9 - Pátio

Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 9B, nota-se a falta de utilização do pátio central da edificação, além da falta de arborização, que poderia estar presente neste espaço.

Figura 9C – Corredor

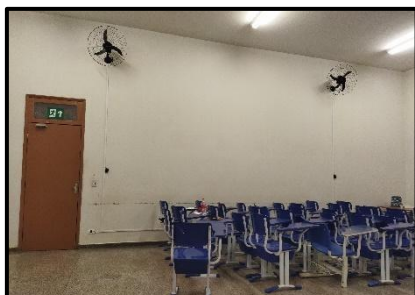
Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 9C, observa-se a falta de iluminação no ambiente, além da falta de ventilação natural.

Figura 9D – Sala

Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 9D, observa-se alta incidência solar na sala de aula, justificando as altas temperatura catalogadas.

Figura 9E – Sala

Na Figura 9E, 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 9F – Infiltração e Instalação antiga

Na Figura 9F, 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 9G – Corredor

Na Figura 9G, nota-se, assim como na Figura 2C, falta de iluminação e ventilação natural para circular no ambiente.

Fonte: Autores, 2021

3.2.3 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.

3.2.4 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 10. Fachada Renderizada.

Fonte: Autores.

Na Figura 10, 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 11. 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.

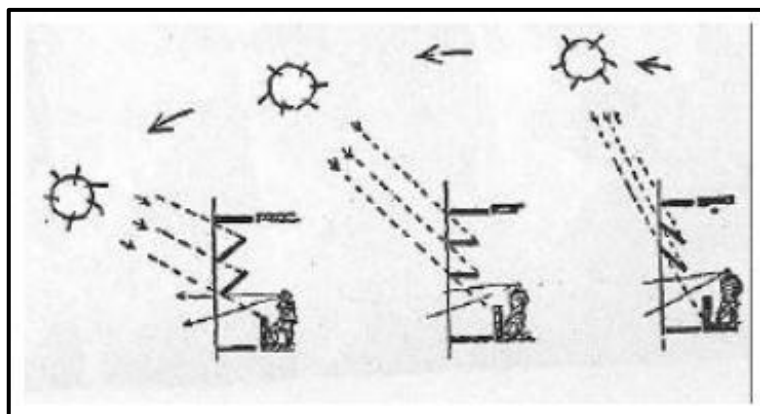


Figura 12. Desenho esquemático de Niemeyer para o brise soleil do Ministério da Educação e Saúde.

Fonte: Goodwin, 1943.

Na Figura 12, 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 consequentemente, 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 13A e 13B. 13A Fachada real; 13B Render da fachada proposta.

Fonte: Autores, 2021

As Figura 13 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 14, 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.

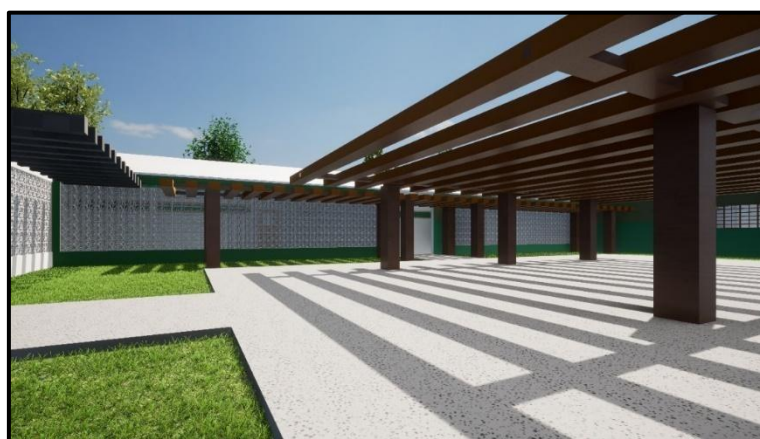


Figura 14. Vista 3D Renderizada do pátio principal.

Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 14, 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.

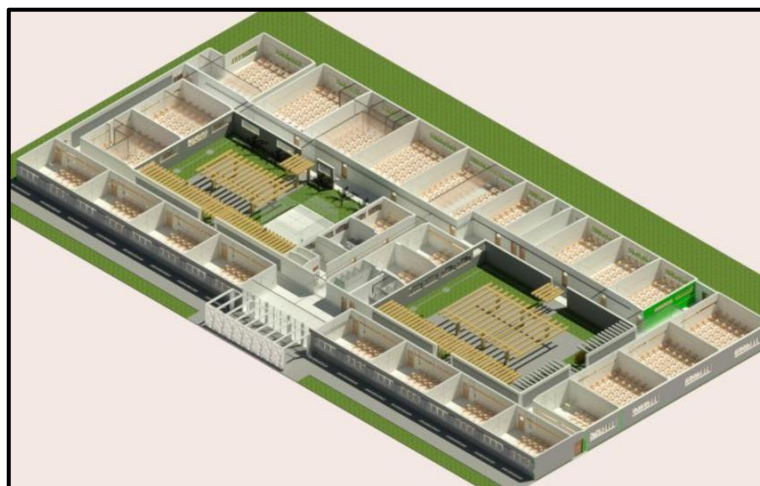


Figura 15. Vista Geral 3D Renderizada.

Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 15, 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.

3.3 Projetos Complementares

Para dar início à fase de estudo, após a conclusão do projeto arquitetônico, iniciou-se o desenvolvimento dos projetos elétrico e hidráulico, utilizou-se *softwares* na plataforma BIM. Nesse processo, foram empregados programas específicos da empresa AltoQI, incluindo o QiBuilder Hidrossanitário para o lançamento e dimensionamento do projeto hidrossanitário e o QiBuilder Elétrico para o projeto elétrico.

A escolha de utilizar a plataforma integrada se deu pelo seu potencial na elaboração de projetos

que abrangem todo o ciclo de planejamento. Além disso, essa plataforma permite a modelagem e o dimensionamento de projetos conforme as normas brasileiras. A integração com outras disciplinas de projeto em BIM também permitiu realizar detecção de colisões e personalizar o cadastro de peças, contribuindo para a eficiência do processo. A interoperabilidade com o modelo IFC e a comunicação entre as disciplinas foram facilitadas por meio desta plataforma.

O software em questão, utiliza base de cálculo de dimensionamento em conformidade com as normas vigentes no país, para um correto dimensionamento e um bom funcionamento da rede. Sendo os parâmetros e normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) foram seguidos, NBR 5626:2020 (Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção), NBR 8160:1999 (Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução) e a NBR 5410:2008 (Instalações elétricas de baixa tensão)

Para iniciar os projetos, foi exportado o projeto arquitetônico da edificação em formato IFC (Industry Foundation Class) diretamente do Revit. Esse formato de arquivo, que contém informações sobre o projeto e seus objetos foi fundamental para o intercâmbio de dados entre os softwares utilizados. Com ele, também foram exportados configurações essenciais para o dimensionamento, como o número de pavimentos e suas alturas. O uso desses softwares permitiu visualizar os objetos em 3D, facilitando a compatibilização entre os diferentes projetos e evitando possíveis incoerências que poderiam levar a retrabalhos durante a execução da obra.

3.3.1 Projeto Elétrico

Para o dimensionamento de um projeto elétrico, é necessário se seguir diretrizes normativas para um correto funcionamento do sistema. Assim, o software é um caminho no qual o resultado final se torna mais rápido, uma vez que o programa realiza o dimensionamento de condutores, disjuntores e condutos.

O projetista por sua vez necessita ter conhecimento normativos, pois a modelagem dos elementos contidos no projeto é de sua inteira responsabilidade. A modelagem é o fator principal do projeto, onde o software usa de suas localidades e características pelo projetista para a realização do dimensionamento.

Portanto, houve a verificação do dimensionamento realizado pelo programa, como exemplo, foi escolhido um quadro de distribuição, sendo o quadro QD-21. Foi utilizado o memorial de cálculo fornecido pelo software, demonstrando através de tabelas as informações quanto ao dimensionamento.

A verificação foi realizada seguindo os critérios de dimensionamento da norma 5410:2008.

Onde, (1º) Análise quanto à seção mínima admissível; (2º) da capacidade de condução de corrente; (3º) da queda de tensão (Eq. 02); (4º) o dimensionamento da proteção (Eq. 03), e (5º) seção do condutor neutro (Eq. 04).

$$\Delta V(\%) = \frac{K \times p \times L \times I_b}{S \times V_f} \quad (01)$$

Onde:

$\Delta V(\%)$ Queda de tensão;
 K constante em função do esquema do circuito;
 p constante do material aplicado
 L comprimento do trecho analisado
 I_b corrente de projeto entre dois pontos
 S seção inicial do condutor do trecho analisado
 V_f tensão

$$l_p \leq l_n \leq l_z \quad (02)$$

$$l_z = n \times I_c \times FCA \times FCT$$

Onde:

I_p corrente de projeto;
 I_n corrente nominal do dispositivo de proteção a ser encontrada;
 n número de condutores em paralelo;
 I_z capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;
 I_c capacidade de condução de corrente do cabo;
 FCA fator de correção por agrupamento;
 FCT fator de correção por temperatura

A verificação quanto ao dimensionamento dos projetos elétricos (Quadro 1) e foi realizada com a comparação dos valores calculados pelo software com valores calculados manualmente a partir de normas regulamentadoras. Com a verificação dos resultados, comprovou-se que o dimensionamento do programa é satisfatório, estando dentro dos limites especificados, garantindo o desempenho adequado das instalações.

Quadro 1 – Verificação do dimensionamento do projeto de instalações elétricas.

	Valores gerados pelo software	Valores encontrados manualmente
Seção mínima admissível (mm²)	4 mm²	4 mm²
Capacidade de condução de corrente	Seção: 70 mm²	Seção: 70 mm²
	Cap. Condução (Iz): 279.00 A	Cap. Condução (Iz): 279.00 A
Proteção	200 A p/ 95mm²	200 A p/ 95mm²
Queda de tensão	0,71 para 95 mm²	0,71 para 95 mm²
Seção do condutor neutro	S = 95 mm²	S = 95 mm²

Fonte: Autores, 2023

3.3.2 Projeto Hidráulico

Para o dimensionamento de um projeto hidráulico é necessário seguir as diretrizes normativas da NBR 5626:2020, que norteiam para um correto funcionamento do sistema de instalações de água fria. O software é um caminho no qual o processo de execução do projeto hidráulico se torna mais rápido, uma vez que o programa realiza o dimensionamento das vazões, pressões e tubulações.

O projetista por sua vez necessita ter conhecimento normativos, pois o projeto é de sua interina responsabilidade. O software usa de localidades inseridas no modelo, assim como informações e características para a realização do dimensionamento.

Para verificação do dimensionamento realizado pelo programa, utilizou-se o memorial de cálculo fornecido por este, o qual demonstra informações quanto ao dimensionamento.

A verificação do dimensionamento realizado pelo programa se deu seguindo as etapas (1º) Cálculo da vazão, pelo método de Hunter (probabilístico) (Eq. 03); (2º) da velocidade da água no conduto (Eq 04); (3º) Perda de carga (Eq. 05), e (4º) Pressão da água no ponto final analisado. Verificação do dimensionamento realizado pelo programa:

$$Peso\ total = \sum peso\ dos\ aparelhos \times quantidade \quad (03)$$

$$v = \frac{4 \times Q}{n \times D^2} \quad (04)$$

Sendo:

v velocidade (m/s)
Q vazão (m³/s)
D diâmetro (m)

$$J = \frac{10,641 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (05)$$

Sendo:

J perda de carga (m/m)
Q vazão (m³/s)
D diâmetro interno da tubulação (m)
C coeficiente que depende da natureza e do estado de conservação das paredes internas do tubo, o valor utilizado foi de 135.

A verificação quanto ao dimensionamento dos projetos hidráulicos (Quadro 2) e foi realizada com a comparação dos valores calculados pelo software com valores calculados manualmente.

a partir da norma regulamentadora. Com a verificação dos resultados, comprovou-se que o dimensionamento do programa é satisfatório, estando dentro dos limites especificados, garantindo o desempenho adequado das instalações.

Quadro 2 – Verificação do dimensionamento do projeto de instalações hidráulicas

	Valores gerados pelo software	Valores encontrados manualmente
Cálculo da vazão	3,04 l/s	3,04 l/s
Velocidade da água no conduto	2,00 m/s	2,00 m/s
Perda de carga	0,1098 m/m	0,1085 m/m
Pressão da água no ponto final analisado	1,48 m.c.a	1,48 m.c.a

Fonte: Autores, 2023

3.4 Análise econômica e ambiental

O estudo buscou soluções sustentáveis de modo minimizar os impactos ambientais gerados pela obra. O projeto elétrico e a proposta de *retrofit* foi executado pois a maior parte das instalações da edificação estão defasadas. Fez-se a escolha pela instalação elétrica de forma aparente com a intenção de minimizar entulhos que iriam ser gerados, assim como pelo intuito de redução de custo, uma vez que são mais econômicas para instalação pois necessitam de menor trabalho no acabamento; pela facilidade de manutenção, o que também é um atrativo para essa escolha, pois reparos se tornam mais simples e acessíveis, podendo solucionar problemas com mais facilidade. Esse tipo de instalação, além de tudo, ainda tem o benefício de flexibilidade, podendo fazer mudanças ou acréscimo no sistema sem a necessidade de quebra.

Além disso, foi incluído em projeto quadros de energia e economizadores de energia acionados por cartões em cada sala de aula. A escolha de economizadores de energia visa reduzir o consumo de eletricidade, desligando automaticamente os aparelhos das salas quando não estiverem em uso. Os quadros individuais das salas de aula foram selecionados para facilitar a manutenção. Essa abordagem sustentável contribui para a minimização dos impactos ambientais.

Para melhor visualização dos resultados futuros foi realizado um levantamento de quantitativos, a fim de se estabelecer a real economia de custos por trás das escolhas realizadas quanto ao projeto elétrico. Os custos de referência de quantitativos foi obtido a partir das composições de custos unitários de sistemas referenciais de órgãos estaduais e/ou órgãos/entidades da Administração Pública Federal. Foram adotadas, nesta ordem de prioridade, as tabelas não desoneradas da (1º) SINAPI (data-base: outubro / 2023), da (2º) GOINFRA (data base: agosto / 2023), e da (3º) Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE) (data base: agosto / 2023);

visto que se trata de serviços de engenharia.

A análise quantitativa dos serviços do projeto elétrico foi conduzida para estimar e contrastar os custos entre a instalação embutida e aparente. Ao avaliar os resultados, observou-se uma diferença de cerca de R\$2.200,00 nos custos de mão de obra, ou seja, a mão de obra em instalações elétricas embutidas é cerca de 4,67% mais cara que a mão de obra em instalações elétricas aparentes (Tabela 4). Embora os valores se assemelhem, o tempo de execução diverge consideravelmente, onde as instalações embutidas demandam uma preparação mais elaborada, como rasgar paredes, preenchimento e acabamento, prolongando o prazo da obra. Isso não apenas evidencia a redução de entulho gerado, tornando a obra mais sustentável, mas também indica a diminuição do tempo de construção ao optar por instalações aparentes.

Tabela 2. Mão de obra em instalações elétricas embutidas

Mão de obra	Und.	Valor Unitário (R\$)	Quantidade (h)	Total (R\$)
Auxiliar de Eletricista	h	21,00	666,13	13.988,69
Eletricista	h	29,06	1.235,18	35.894,25
Servente de Obras	h	13,26	10,61	140,66
Total				50.023,60

Fonte: Autores, 2023

Tabela 3. Mão de obra em instalações elétricas aparentes

Mão de obra	Und.	Valor Unitário (R\$)	Quantidade (h)	Total (R\$)
Auxiliar de Eletricista	h	21,00	240,67	5.054,01
Eletricista	h	29,06	1.059,02	30.775,04
Servente de Obras	h	13,26	239,10	3.170,47
Ajudante	h	15,17	579,25	8.787,22
Total				47.786,74

Fonte: Autores, 2023

Tabela 4. Relação entre mão de obra em instalações elétricas aparentes e embutidas

	Valor Total (R\$)
Mão de obra em instalações elétricas embutidas	50.023,60
Mão de obra em instalações elétricas aparentes	47.786,74
Total	2.236,86
Variação Percentual	4,67%

Fonte: Autores, 2023

A Tabela 5 especifica os serviços de rasgo e chumbamento de eletrodutos, para os quais são especificamente para as instalações elétricas embutidas. Ao observar, evidencia-se e reforça a viabilidade econômica da instalação elétrica aparente, totalizando aproximadamente R\$53.900. Na cotação atual do dólar, US\$1,00 equivale a R\$ 4,92 portanto, o valor total dos

serviços corresponde a 10.957,80 dólares. Essa quantia representa a economia gerada ao optar pela instalação aparente, além de evidenciar a significativa redução no entulho gerado durante a obra.

Tabela 5. Serviços referentes a instalações elétricas embutidas

Mão de obra	Und.	Valor Unitário (R\$)	Quantidade estimada de eletroduto (M)	Total (R\$)
RASGO LINEAR MECANIZADO EM ALVENARIA, PARA ELETRODUTOS, DIÂMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM	M	5,80	2.176,52	12.623,82
CHUMBAMENTO LINEAR EM ALVENARIA PARA ELETRODUTOS COM DIÂMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM.	M	18,97	2.176,52	41.288,58
Total				53.912,40

Fonte: Autores, 2023

Assim, a viabilidade da escolha por instalações elétricas aparentes se destaca, não apenas pelo menor tempo de obra, resultando em menor custo de serviços e mão de obra, mas também pela implicação direta no custo global, mostrando-se uma opção viável para essa execução

3.5 Retrofit Estrutural

O pavilhão em estudo passou por diversas mudanças, ao longo da sua existência até a presente data, sem critério de avaliação macro analítica. Em seu projeto inicial possuía em seu interior uma biblioteca, que na proposta se tornará salas de aula. Conforme apresentado na FIGURA 2, sendo possível observar que o objeto de estudo é formado por dois blocos, sendo eles: o pedagógico I e sala dos professores, que nesse contexto a construção principal, não sofreu alterações em sua estrutura, pois o *Retrofit* apenas alterou algumas aberturas, tais modificações não comprometem elementos estruturais. (Biagini, *et al.*, 2016)

A história do IF Goiano Campus Rio Verde, veio ganhando notoriedade no decorrer dos anos, ocasionando aumento significativo no número de colaboradores e estudantes, sendo necessário reformas esporádicas para atender as suas necessidades. Com levantamento *in loco*, e o manuseio do *software Revit*, foi possível gerar imagens da sua configuração atual. Com base nesses dois modelos, Levantamento e projeto hipotético, foi possível sugerir a locação dos elementos estruturais ali existentes. Na FIGURA 2 determinou-se a situação atual existente. (Volk, *et al.*, 2014)

A imagem apresenta o layout do pavilhão pedagógico I, elaborado a partir de levantamento

técnico realizado com auxílio de ferramentas de modelagem BIM. Assim, é possível observar a disposição dos ambientes internos e externos, incluindo os blocos que compõem a estrutura. Este levantamento foi essencial para identificar os elementos estruturais existentes e servir como base para a elaboração do projeto de *Retrofit*, permitindo uma análise detalhada da distribuição espacial e estrutural do pavilhão. A representação evidencia a organização funcional atual e os espaços que serão otimizados durante a implementação do *Retrofit*. (Dore, *et al.*, 2017)

Uma das mudanças foi a das janelas antigas, as quais foram substituídas por modelos mais eficientes, capazes de melhorar o isolamento térmico e acústico, reduzindo a necessidade de climatização artificial.

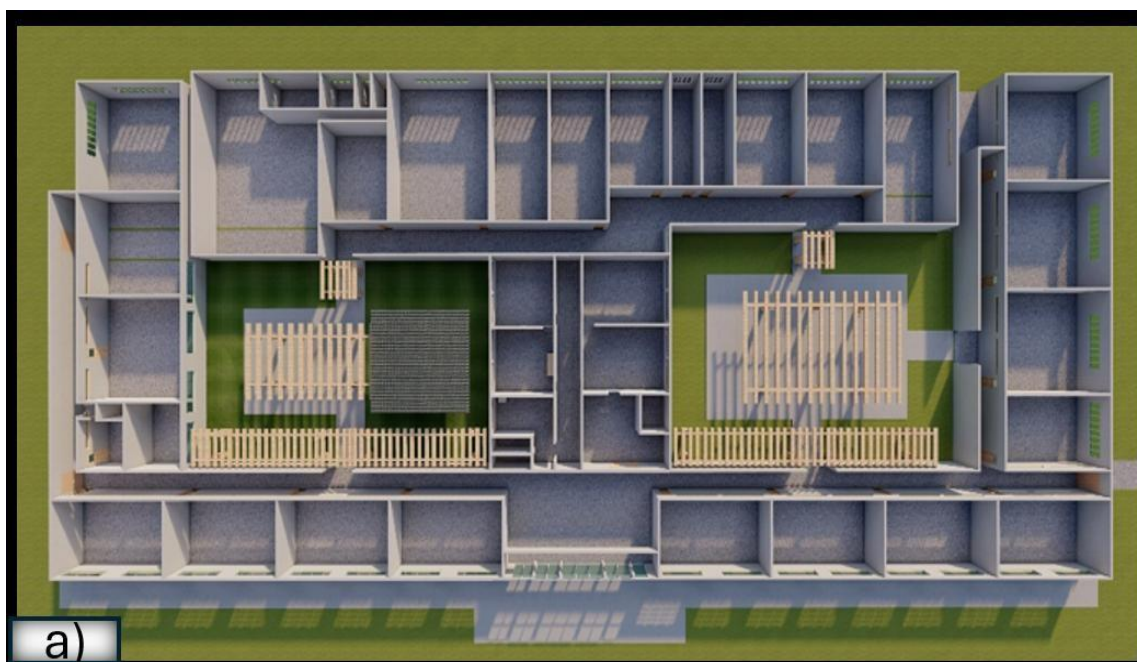


Figura 16: Levantamento técnico hipotético do pavilhão. a) Arquitetônico atual do pavilhão.
Fonte: Autores.

Além disso, paredes foram subtraídas para a inclusão de cobogós, que são elementos vazados de concreto, que permitem maior ventilação e entrada de luz natural. Essa alteração otimizou o desempenho ambiental do edifício, sem comprometer a estrutura existente. (Abdelalim, *et al.*, 2021)

A exclusão de paredes internas ocorreu para criar espaços mais amplos e integrados, atendendo à crescente demanda por ambientes versáteis e adaptáveis às necessidades acadêmicas. Em contrapartida, novas paredes foram propostas para reorganizar o layout e aprimorar a funcionalidade dos espaços. Para minimizar o impacto estrutural, esses novos elementos foram projetados com materiais leves e sustentáveis, como por exemplo Drywall. (Wang, *et al.*, 2005)

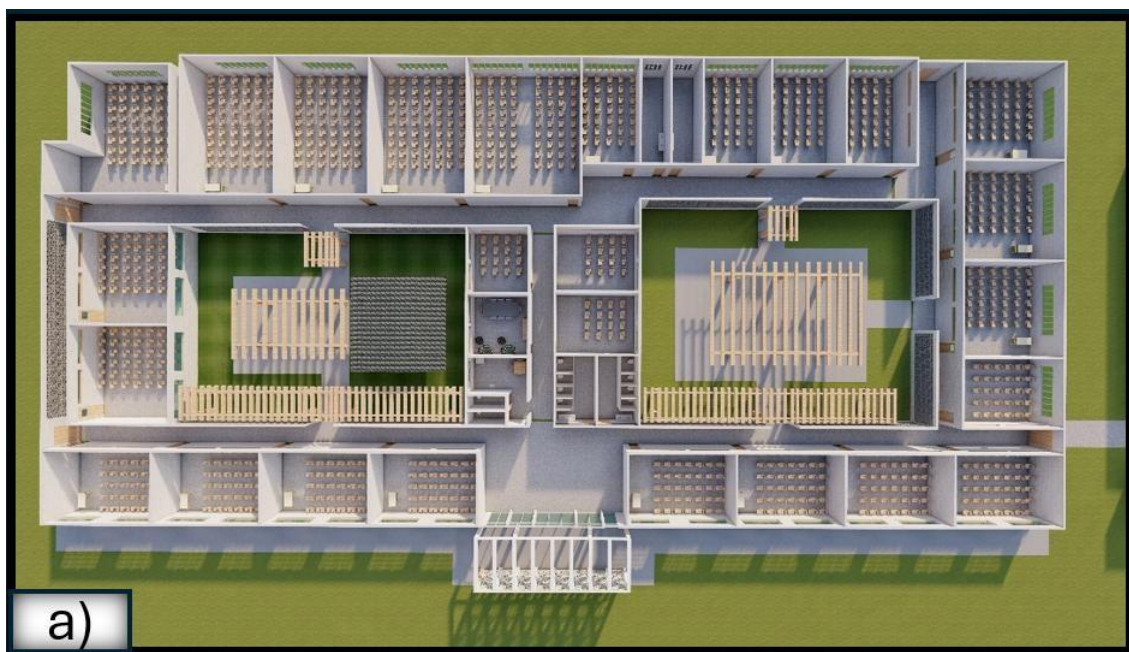


Figura 17: Proposta de atualização de projeto através da técnica de Retrofit. a) Pavilhão retrofitado.

FONTE: Autores.

As intervenções estruturais também incluíram o reforço de vigas e pilares nas áreas mais impactadas pelas alterações. Essas alterações estruturais foram essenciais para garantir que a proposta de modernização do pavilhão mantivesse sua integridade, segurança e funcionalidade (Xu, *et al.*, 2022). A Figura 18 ilustra as modificações realizadas, destacando os elementos excluídos, construídos e modificados no projeto.

A Figura 18 indica os locais de intervenção e a consequente necessidade de reforços em vários elementos sendo eles vigas e pilares em função das modificações destacadas. A exclusão de um determinado pilar, que suporta determinada viga sem os devidos reforços, pode ocasionar o aumento na intensidade dos efeitos sofridos pela viga em função do aumento de vão e consequentemente, as cargas por essa viga suportada, assim sendo necessário reforçar as vigas e os pilares, para resistirem os esforços e torções dos elementos modificados. (Boscardin, *et al.*, 2019)

Verificou-se que, alguns elementos do projeto original já não existem, e visando adaptar a estrutura existente ao novo projeto arquitetônico, que requer mudanças substanciais nos elementos estruturais para suportar as novas cargas e geometrias sugeridas, e a fim de garantir a estabilidade e a segurança da edificação, foram necessárias as alterações nos elementos estruturais adjacentes. (Colunga, *et al.*, 2022)

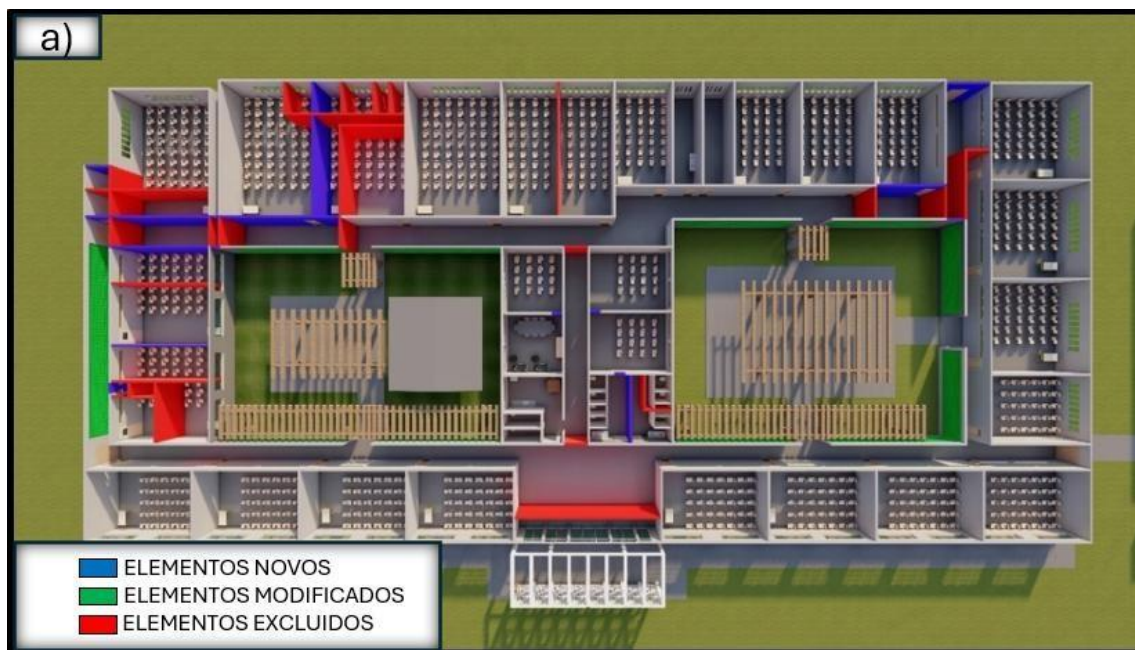


Figura 18: Modificações necessárias para adequação do *Retrofit*. a) Planta formada pela união do Retrofit e arquitetura atual, mostrando quais elementos devem ser modificados, inseridos ou excluído.

FONTE: Autores.

Sabendo dessas intervenções foi possível quantificar tais materiais, tanto da estrutural atual hipotética do Bloco Pedagógico I, quanto da estrutura para suportar as novas adequações arquitetônicas propostas pela técnica de Retrofit. A Tabela 6 traz na primeira coluna o quantitativo de materiais para estrutura atual hipotética, já a segunda coluna apresenta os quantitativos para uma estrutura nova, por fim os quantitativos da adequação proposta pelo Retrofit. A estrutura nova é idêntica a estrutura retrofitada, com os mesmos elementos estruturais, a diferença é o aproveitamento de forma sustentável e adequada da parte possível. De modo geral a quantidade de concreto é a mesma, mesmo considerando o acréscimo de 10%, relativo aos possíveis desperdícios e perdas (Moussavi, et al., 2018). Aqui, necessitou-se das seguintes ponderações: a coluna “Quantidade estrutura atual”, levou em consideração a quantidade de materiais, que foram utilizados para a construção do pedagógico hoje, na coluna “Quantidade estrutura nova”, considerou-se a quantidade de materiais, que serão utilizados para a construção do Bloco pedagógico I, conforme Tabela 6, adequando-se as novas condições arquitetônicas, na coluna “Estrutura nova”, considerou-se as alterações, para converter a estrutura atual, para a estrutura nova.(Miranda, 2015).

Tabela 6. Comparativo entre custos: estrutura nova x *Retrofit*.

Descrição	Unidade	Quantidade estrutura atual	Quantidade estrutura nova	Quantidade estrutura retrofitada	Δ estrutura nova x retrofitada	Δ estrutura nova x retrofitada (%)
Aco- 6,3 mm	Kg	2587,2	3346,9	96,98	3249,92	97,10%
Aco- 8,0 mm	Kg	7513,9	9516,7	278,32	9238,38	97,08%
Aco -10,0 mm	Kg	14837,3	13781,7	467,71	13313,99	96,61%
Aco- 12,5 mm	Kg	10302,5	10474,9	339,55	10135,35	96,76%
Aco- 16,0 mm	Kg	5252,3	2862,4	132,61	2729,79	95,37%
Aco- 20,0 mm	Kg	81,4	931,2	16,55	914,65	98,22%
Aco- 5,0 mm	Kg	6777,3	6843,8	222,60	6621,20	96,75%
Concreto fck=25 mpa	M³	457,8	480,3	22,5	455,79	0,95
Forma	M²	4467,4	4741,5	174,84	4566,66	96,31%
Demolição de aço	Kg	0	47351,9	318,53	47033,37	99,33%
Demolição de concreto (adequações)	M³	0	457,8	5,30	452,50	98,84%

FONTE: Autores.

3.6 Comparação econômica e ambiental

A Tabela 7 demonstra a aplicação do *Retrofit*, a qual possibilita adequar a estrutura com maior economia, quando comparada a uma nova construção, a análise tem por objetivo quantificar quais valores, serão subtraídos em função do aproveitamento, onde o aço possui 46.203,27 quilos aproveitados, com economia de 96,64%, o concreto obteve 455,79 metros cúbicos aproveitados, com ganho de 94,90% , já as formas possuem 4.566,66 metros quadrados deixados de usar, apresentando um ganho econômico de 96,31% , além de evitar as demolições, de 47.033,37 quilos de aço e 452,50 metros cúbicos de concretos, que deixaram de ser demolidos, proporcionando uma economia de 99,33% e 98,84%, respectivamente (Regnier, *et al.*, 2022).

Ressalta-se que o uso da técnica de *Retrofit* é de grande valia, principalmente em termos de eficiência, custo e sustentabilidade. É possível na TABELA 2 quantificar a quantidade de CO₂ emitido na produção de insumos, considerando desde a sua extração, industrialização e o transporte, com isso obtém-se um valor de conversão de toneladas de CO₂ por unidade de medida de cada um dos respectivos materiais. (Hammond *et al.*, 2011)

Tabela 7. Geração de gás carbono na industrialização de materiais.

MATERIAIS	UNIDADE	VALOR
Gesso (placas)	tCO ₂ /m ³	0,77
Madeira para HDF, MDF, MDP e OSB	tCO ₂ /m ³	0,33
Aço	tCO ₂ /t	1,85
Argamassa	tCO ₂ /t	0,14
Cerâmica (revestimento)	tCO ₂ /t	0,19
Cerâmica (telhas e tijolos)	tCO ₂ /t	0,11
Concreto	tCO ₂ /t	0,18
Vidro	tCO ₂ /t	0,84
Agregados (grãos e miúdos)	tCO ₂ /t	0,09
Cimento	tCO ₂ /t	0,65
Lã de vidro	tCO ₂ /Kg	1,35
placa cimentícia	tCO ₂ /t	0,49

FONTE: HAMMOND, Geoffrey; JONES, Craig. The Inventory of Carbon and energy (ICE, 2011).

As demolições apresentadas na Tabela 8, referem-se aos quantitativos de materiais existentes na atual estrutura, onde para a construção de uma nova estrutura, faz-se necessário a demolição da existente (Napolano, *et al.*, 2015).

Para melhor demonstrar as vantagens do *Retrofit*, no âmbito sustentável, utilizou-se como determinante a geração de CO₂ e de entulho produzido. Com isso, realizou-se duas análises sendo elas: Geração de CO₂ e entulho considerando a demolição do atual pavilhão para uma nova construção; Geração de CO₂ e entulho gerado para a aplicação do *Retrofit* na estrutura atual (Regnier, *et al.*, 2022). Para a análise de emissão de CO₂ e aplicando os conceitos supracitados, utilizou-se os resultados da Tabela 7, a qual se refere-se a emissão de CO₂, e da Tabela 6 que refere-se as quantidades, com tal análise apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Emissão de CO₂ para produção de materiais necessários para a construção da estrutura de um novo pavilhão.

Comparativo <i>retrofit</i> x construção de um novo pavilhão											
Construção de um novo pavilhão						<i>Retrofit</i>		Resultados			
Descrição	Und	Total	Consumo co ₂	Total (t/co ₂)	Demolição s (t)	Total	Consumo co ₂	Total (t/co ₂)	Demolição e s (t)	Δ co ₂	Δ demolições
Aço	T	47,35	1,85	87,36	47,35	1,55	1,85	2,87	3,18	96,71%	93,28%
Concreto	T	1152,72	0,18	212,10	1098,72	54,00	0,18	9,47	12,72	95,54%	98,84%
Forma esp 12 mm	M ³	56,90	0,33	18,83	0,69	2,10	0,33	0,69	-	96,34%	100,00%
TOTAIS			2,36	318,29	1146,76	TOTAIS	57,65	2,36	13,03	96,20%	97,38%

Fonte: Autores.

A Tabela 8 realça a emissão de 318,29 toneladas de CO₂ para a produção do novo pavilhão, acrescentada da geração de 1.146,07 toneladas de entulho proveniente da demolição do edifício atual (hammond *et al.*, 2011). O entulho gerado pela aplicação do *Retrofit* foi de 15,90 toneladas, resultando em uma emissão de apenas 13,03 toneladas de CO₂. Esses números refletem uma eficiência ambiental significativa do *Retrofit*, em comparação com a construção de um novo pavilhão. Enquanto a construção nova geraria mais de 1.146 toneladas de entulho e 318 toneladas de CO₂, o *Retrofit* representa uma redução de 98,81% no entulho gerado e 95,76% nas emissões de CO₂. Esse impacto demonstra que o *Retrofit* não apenas preserva recursos naturais, mas também, minimiza a emissão de carbono, contribuindo para um modelo de construção mais sustentável e contribuindo com o processo de descarbonização global. (Alabid, *et al.*, 2022).

Em termos monetários, e utilizando as tabelas da GOINFRA de outubro de 2023, publicadas no site na data 02/01/2024.

A Tabela 9 demonstra o custo hipotético da estrutura atual do Bloco Pedagógico I, aplicando preços atualizados nos insumos e serviços, para os serviços aplicou-se custos desonerados, os quais foram resumidos. (Miranda, 2015).

Tabela 9. Preços unitários/totais da estrutura atual.

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário desonerado	Preço unitário onerado	Total desonerado
060303	Aco 6,3 mm	Kg	2587,2	11,06	11,47	R\$ 28.614,43
060304	Aco 8,0 mm	Kg	7513,9	10,96	11,37	R\$ 82.352,34
060305	Aco 10,0 mm	Kg	14837,3	10,72	11,13	R\$ 159.055,86
060306	Aco 12,5 mm	Kg	10302,5	11,20	11,71	R\$ 115.388,00
060307	Aco 16,0 mm	Kg	5252,3	11,53	12,04	R\$ 60.559,02
060308	Aco 20,0 mm	Kg	81,4	11,41	11,92	R\$ 928,77
060314	Aco 5,0 mm	Kg	6777,3	13,55	13,91	R\$ 91.832,42
051030	Preparo com betoneira e transporte manual de concreto fck=25 mpa	M³	457,8	501,03	511,89	R\$ 229.371,53
060203	Forma de compensado resinado 12 mm u=3 v	M²	4467,4	89,71	95,71	R\$ 400.770,45
Total						R\$ 1.168.872,82

FONTE: Autores

O aço se destaca como o item com maior valor, representando cerca de 46% do total, o que reflete a alta demanda desse material na estrutura. Em seguida, aparecem as formas, com custos próximos a 34%, e por fim o concreto, que representa aproximados 20% do consumo total (Boscardin, *et al.*, 2019).

A Tabela 10 apresenta os custos detalhados da construção de uma nova estrutura para o pavilhão,

discriminando os preços unitários e totais dos principais materiais (aço, concreto e formas), valores retirados da tabela da GOINFRA desonerada. Esses dados permitem uma avaliação comparativa entre a construção de uma nova estrutura e aplicação do *Retrofit* na estrutura existente. (Miranda, 2015)

No caso do aço, observou-se um custo total de R\$ 542.740,40, sendo considerado o material mais oneroso, representando uma parcela significativa do custo total. Isso é reflexo da alta demanda por aço nas estruturas de concreto armado, o qual exige uma quantidade maior quando comparado ao *Retrofit*. O concreto apresenta um custo total de R\$ 240.644,71, enquanto as formas atingem R\$ 425.359,97, tais valores são mais elevados, quando comparados aos do *Retrofit*. (Boscardin, et al., 2019).

Tabela 10. Preços unitários/totais da estrutura nova.

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário desonerado	Preço unitário onerado	Total desonerado
060303	Aco 6,3 mm	Kg	3346,9	11,06	11,47	R\$ 37.016,71
060304	Aco 8,0 mm	Kg	9516,7	10,96	11,37	R\$ 104.303,03
060305	Aco 10,0 mm	Kg	13781,7	10,72	11,13	R\$ 147.739,82
060306	Aco 12,5 mm	Kg	10474,9	11,20	11,71	R\$ 117.318,88
060307	Aco 16,0 mm	Kg	2862,4	11,53	12,04	R\$ 33.003,47
060308	Aco 20,0 mm	Kg	931,2	11,41	11,92	R\$ 10.624,99
060314	Aco 5,0 mm	Kg	6843,8	13,55	13,91	R\$ 92.733,49
051030	Preparo com betoneira	M³	480,3	501,03	511,89	R\$ 240.644,71
	de concreto fck=25 mpa					
060203	Chapa de compensado	M²	4741,5	89,71	95,71	R\$ 425.359,97
	resinado 12 mm u=3 v					
020127	Demolição manual de laje	M³	300,60	202,49	234,29	R\$ 60.868,49
020128	Demolição manual de pilar	M³	29,40	244,57	282,96	R\$ 7.190,36
020129	Demolição manual de viga	M³	127,80	271,74	314,4	R\$ 34.728,37
40006	Transporte de entulhos	M³KM	4578,00	2,65	2,76	R\$ 12.131,70
Total						R\$ 114.918,92

Fonte: Autores.

O total consolidado dos custos chega a R\$ 1.323.633,99, evidenciando um valor expressivo, quando comparado à aplicação do *Retrofit*. Além disso, o maior volume de materiais necessários, para uma nova construção reflete em impactos ambientais mais significativos, incluindo maior emissão de CO₂ e geração de resíduos. (Boscardin, et al., 2019)

A Tabela 11 reforça a importância de buscar soluções, como o *Retrofit*, que oferece uma

alternativa mais sustentável e econômica para a modernização de edificações, reduzindo os custos financeiros e os impactos ambientais associados. A comparação entre os custos de uma nova estrutura e os do Retrofit, abordada em etapas posteriores, evidencia os benefícios da reutilização e da otimização dos recursos existentes. (Regnier, et al., 2018)

Tabela 11. Preços unitários/totais da estrutura aplicada ao Retrofit.

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário desonerado	Preço unitário onerado	Total desonerado
060303	Aco 6,3 mm	Kg	96,98	11,06	11,47	R\$ 1.072,58
060304	Aco 8,0 mm	Kg	278,32	10,96	11,37	R\$ 3.050,41
060305	Aco 10,0 mm	Kg	467,71	10,72	11,13	R\$ 5.013,80
060306	Aco 12,5 mm	Kg	339,55	11,20	11,71	R\$ 3.803,01
060307	Aco 16,0 mm	Kg	132,61	11,53	12,04	R\$ 1.529,04
060308	Aco 20,0 mm	Kg	16,55	11,41	11,92	R\$ 188,82
060314	Aco 5,0 mm	Kg	222,60	13,55	13,91	R\$ 3.016,27
051030	Preparo com betoneira de concreto fck=25 mpa	M³	24,51	501,03	511,89	R\$ 12.281,78
060203	Chapa de compensado resinado 12 mm u=3 v	M²	174,84	89,71	95,71	R\$ 15.685,11
020127	Demolição manual de laje	M³	1,76	202,49	234,29	R\$ 356,58
020128	Demolição manual de pilar	M³	4,86	244,57	282,96	R\$ 1.188,61
020129	Demolição manual de viga	M³	0,44	271,74	314,4	R\$ 119,57
40006	Transporte de entulhos	M³KM	70,61	2,65	2,76	R\$ 187,12
Total						R\$ 47.492,70

Fonte: Autores.

A análise dos custos demonstra que o Retrofit exige uma pequena fração dos recursos financeiros que é necessários para a construção de uma estrutura nova. Além disso, a menor demanda por insumos também resulta em uma redução significativa dos impactos ambientais, como menor emissão de CO₂ e geração de entulho. Essa economia reflete na sustentabilidade do projeto, reforçando o Retrofit como uma alternativa eficiente e alinhada com as demandas por práticas construtivas mais econômicas e sustentáveis. (Alabid, et al., 2022)

É evidente que o Retrofit não é apenas uma solução mais acessível, mas também, um modelo estratégico para modernização, garantindo resultados satisfatórios com custos muito inferiores, aos de uma nova construção. (Regnier, et al., 2018)

A economia do Retrofit é superior a 96%, comparado a construção de um novo pavilhão. Outra

vantagem do Retrofit é sua agilidade na execução das obras. Com base na composição de serviço, consegue-se a partir dos coeficientes de consumo de mão de obra, determinar o tempo necessário para executar as adequações. (CHOI, *et al.*, 2017)

Tabela 12. Tempo de construção da estrutura nova e retrofitada.

Tempo de construção estrutura nova (horas)								
Descrição	Unidade	Quantidade	Armador	Ajudante	Servente	Op. Betoneira	Carpinteiro	Pedreiro
Aco 6,3 mm	Kg	3346,9	267,75	267,75	-	-	-	-
Aco 8,0 mm	Kg	9516,7	761,34	761,34	-	-	-	-
Aco 10,0 mm	Kg	13781,7	1102,54	1102,54	-	-	-	-
Aco 12,5 mm	Kg	10474,9	1047,49	1047,49	-	-	-	-
Aco 16,0 mm	Kg	2862,4	286,24	286,24	-	-	-	-
Aco 20,0 mm	Kg	931,2	93,12	93,12	-	-	-	-
Aco 5,0 mm	Kg	6843,8	479,07	479,07	-	-	-	-
Concreto fck=25 mpa	M³	4741,5	-	-	2477,68	309,70	-	-
Forma de compensado 12 mm	M²	300,6	-	-	5855,75	-	5855,75	-
Demolição de laje	M³	29,4	-	-	4479,99	-	-	448,01
Demolição de pilar	M³	29,4	-	-	529,20	-	-	52,92
Demolição de viga	M³	127,8	-	-	2556,00	-	-	255,60
Total (horas)			4037,54	4037,54	15898,62	309,70	5855,75	756,53
Tempo de construção estrutura retrofitada (horas)								
Descrição	Unidade	Quantidade	Armador	Ajudante	Servente	Op. Betoneira	Carpinteiro	Pedreiro
Aco 6,3 mm	Kg	96,98	7,76	7,76	-	-	-	-
Aco 8,0 mm	Kg	278,32	22,27	22,27	-	-	-	-
Aco 10,0 mm	Kg	467,71	37,42	37,42	-	-	-	-
Aco 12,5 mm	Kg	339,55	33,96	33,96	-	-	-	-
Aco 16,0 mm	Kg	132,61	13,26	13,26	-	-	-	-
Aco 20,0 mm	Kg	16,55	1,65	1,65	-	-	-	-
Aco 5,0 mm	Kg	222,60	15,58	15,58	-	-	-	-
Concreto fck=25 mpa	M³	24,51	-	-	126,44	15,80	-	-
Forma de compensado 12 mm	M²	174,84	-	-	215,93	-	215,93	-
Demolição de laje	M³	1,761	-	-	26,25	-	-	2,62
Demolição de pilar	M³	4,86	-	-	87,48	-	-	8,75
Demolição de viga	M³	0,44	-	-	8,80	-	-	0,88
Total (horas)			131,89	131,89	464,89	15,80	215,93	12,25

Fonte: Autores.

A Tabela 12 apresenta uma análise comparativa do tempo necessário, para a construção de uma nova estrutura e para a aplicação do *Retrofit*, detalhando a quantidade de horas-homem

requeridas para cada atividade e categoria de trabalhador envolvido, como: armador, ajudante, servente, operador de betoneira, carpinteiro e pedreiro (Longo, 2020). No caso da estrutura nova, o tempo total de construção é maior, alcançando 4.037,54 horas para atividades de armação, 15.898,62 horas para serventes, e 5.855,75 horas para carpinteiros, resultando em um esforço muito maior em termos de horas trabalhadas. Esses números refletem a complexidade e a escala de uma nova construção, que demanda maior mobilização de recursos humanos. (Eastman, *et al.*, 2018)

Já para a estrutura retrofitada, o tempo necessário é reduzido de forma drástica. Por exemplo, o tempo total para armação é de apenas 277,76 horas, enquanto os serventes requerem 1.768,01 horas, uma economia substancial, quando comparada à construção de uma nova estrutura. Essa diferença reflete nas vantagens do Retrofit, em termos de otimização de mão de obra, já que a intervenção é focada em melhorias pontuais, na estrutura existente, evitando atividades que consomem mais tempo, como grandes demolições e montagens complexas. (Eastman, *et al.*, 2018)

A Tabela 13 apresenta uma comparação consolidada entre o tempo de construção necessário para uma nova estrutura e a aplicação do *Retrofit* no pavilhão pedagógico. Os valores são discriminados em horas-homem por função, destacando os ganhos em eficiência de tempo proporcionados pelo *Retrofit* (Longo, 2020).

Tabela 13. Tempo de construção da estrutura nova e retrofitada.

Item	Tempo de construção	
	Obra nova (horas)	Retrofit (horas)
Armador	4037,54	131,89
Ajudante	4037,54	131,89
Servente	15898,62	464,89
Op. Betoneira	309,70	15,80
Carpinteiro	5855,75	215,93
Pedreiro	756,53	12,25
Total	30895,68	972,65

Fonte: Autores.

No caso da obra nova, o tempo total de construção atinge 30.895,68 horas, com destaque para as atividades realizadas pelos serventes 15.898,62 horas e carpinteiros 5.855,75 horas. Esses números refletem a alta demanda de mão de obra e o esforço necessário, para executar uma construção nova desde o início, incluindo etapas como: grandes demolições, fundações e montagem completa da estrutura. (Eastman, *et al.*, 2018) Já para o *Retrofit*, o tempo total é reduzido para 972,65 horas, representando uma redução de mais de 96% no esforço de

construção. A maior economia está nas atividades de serventes 464,89 horas e carpinteiros 215,93 horas, já que o *Retrofit* aproveita a estrutura existente, evitando processos demorados, como a preparação inicial do terreno e a construção de novos elementos estruturais completos (Eastman, *et al.*, 2018).

A consolidação dos resultados obtidos ao longo das diferentes etapas da pesquisa evidencia que o retrofit, quando associado à modelagem em ambiente BIM, constitui estratégia técnica consistente para requalificação de edificações públicas existentes. O diagnóstico fundamentou as decisões projetuais; a modelagem arquitetônica permitiu simulação e validação prévia das intervenções; a integração dos projetos complementares reduziu conflitos e aumentou a previsibilidade executiva; a análise estrutural demonstrou a viabilidade do reaproveitamento com intervenções pontuais; e a avaliação econômica e ambiental confirmou a redução de consumo de materiais, geração de resíduos, emissões de CO₂, custos e prazo de execução em comparação à reconstrução integral. Dessa forma, os resultados não apenas validam a aplicabilidade do retrofit no caso estudado, mas também consolidam uma metodologia integrada e replicável para a requalificação sustentável de edificações educacionais, contribuindo para o avanço técnico e científico da área.

4 CONCLUSÃO

O estágio pós-doutoral permitiu consolidar e validar uma metodologia integrada de aplicação da técnica de retrofit associada à modelagem da informação da construção em edificação pública educacional. A partir do estudo aplicado ao Pavilhão Pedagógico I do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, foi possível demonstrar que a requalificação estrutural e funcional da edificação existente apresenta viabilidade técnica, ambiental e econômica quando comparada à alternativa de demolição e reconstrução integral.

Os resultados indicaram que o reaproveitamento estrutural, aliado a intervenções pontuais e planejamento digital integrado, reduz significativamente o consumo de materiais, a geração de resíduos, as emissões estimadas de CO₂, os custos globais e o prazo de execução. A utilização do BIM mostrou-se fundamental para a compatibilização multidisciplinar, extração precisa de quantitativos e fundamentação das decisões técnicas, conferindo maior previsibilidade e confiabilidade ao processo de retrofit. A metodologia desenvolvida pode ser aplicada a outras edificações da instituição ou adaptada a contextos similares, ampliando o impacto técnico e científico da pesquisa e fortalecendo a consolidação do retrofit sustentável como estratégia prioritária na gestão de edificações existentes.

5 REFERÊNCIAS

ABDELALIM, A. M.; TANTAWI, H.; FATHY, L. A. Integrating passive design strategies into retrofitting projects for sustainable building design. In: **Energy and Buildings**. 2021.

ALABID, J.; BENNADJI, A.; SEDDIKI, M. A review on the energy retrofit policies and improvements of the UK existing buildings, challenges and benefits. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Reino Unido, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5626: **Sistemas prediais de água fria e água quente - projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8160: **Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações habitacionais - desempenho - parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BIAGINI, C.; CAPONE, P.; DONATO, V.; FACCHINI, N. Towards the BIM implementation for historical building restoration sites. In: **Automation in Construction**. 2016.

BOSCARDIN, J. T.; YEPES, V.; KRIPKA, M. Optimization of reinforced concrete building frames with automated grouping of columns. In: **Automation in Construction**. 2019.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

DORE, C.; MURPHY, M. Current state of the art historic building information modelling. In: **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. 2017.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.

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.

HAMMOND, Geoffrey; JONES, Craig. **The Inventory of Carbon and Energy (ICE)**. Universidade de Bath, 2011.

HONG, Y.; HAMMAD, A. W.A.; NEZHAD, A. A. **Optimising the implementation of BIM: A 2-stage stochastic programming approach**. Automation in Construction, V. 136, p. 104170, 2022. ISSN 0926-5805. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522000437>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

HU, X.; XIANG, Y.; ZHANG, H.; LIN, Q.; WANG, W.; WANG, H. **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.

KADRIĆ, D.; AGANOVIC, A.; MARTINOVIC, S.; DELALIĆ, N.; DELALIĆ-GURDA, B. **Cost-related analysis of implementing energy-efficient retrofit measures in the residential building sector of a middle-income country – A case study of Bosnia and Herzegovina**. Energy and Buildings, v. 257, n. 1, p. 111765, February 2022. ISSN 0378-7788. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821010495>>. 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.

LONGO, F.; LASSANDRO, P.; MOSHIRI, A.; PHATAK, T.; AIELLO, A. M.; KRAKOWIAK, J. K. Lightweight geopolymer-based mortars for the structural and energy retrofit of buildings. In: **Energy & Buildings**. Estados Unidos, 2020.

MIRANDA, D.; COUTO, D.; PACHECO, J.; HELENE, P. Retrofit da estrutura de concreto armado de um edifício em São Paulo com mais de 50 anos. In: **Conpat 2015**. São Paulo, 2015.

MOTALEBI, M.; RASHIDI, A.; NASIRI, M. M. **Optimization and BIM-based lifecycle assessment integration for energy efficiency retrofit of buildings**. Journal of Building Engineering, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710222000353>>.

MOUSSAVI-NADOUSHANI, Z. S.; AKBARNEZHAD, A.; HAMMAD, A. W. A.; XIAO, J.; NEZHAD, A. Optimization of lap splicing in steel reinforcement for concrete columns and shear walls. **Construction and Building Materials**, v. 185, 2018.

NAPOLANO, L.; MENNA, C.; ASPRONE, D.; PROTA, A.; MANFREDI, G. LCA-based study on structural retrofit options for masonry buildings. In: **Building Components and Buildings**. Berlim, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Tradução livre. Estocolmo, jun. 1972.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **The Millennium Development Goals Report, 2015**. Disponível em: <<https://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2015/English2015.pdf>>. Acesso em: jan. 2022.

PENG, J.; ZHANG, S.; PENG, D.; LIANG, K. Research on bridge crack detection with neural network-based image processing methods. In: **Proceedings of the 12th International Conference on Reliability, Maintainability, and Safety**. 2018.

REGNIER, C.; SUN, K.; HONG, T.; PIETTE, M. A. Quantifying the benefits of a building retrofit using an integrated system approach: a case study. In: **Energy and Buildings**. 2018.

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.

VIANA, V. L. B.; CARVALHO, M. T. M. **Prioritization of risks related to BIM implementation in brazilian public agencies using fuzzy logic**. Journal of Building Engineering, v. 36, p. 102104, April 2021. ISSN 2352-7102. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710220337360>>. Acesso em: jan. 2022.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. In: **Automation in Construction**. 2014.

WANG, W.; ZMEUREANU, R.; RIVARD, H. Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. In: **Building and Environment**. 2005.

XU, C.; LIU, J.; WU, Z.; CHEN, Y. F. Automated steel reinforcement detailing in reinforced concrete frames using evolutionary optimization and artificial potential field. In: **Automation in Construction**. 2022.

6 RELAÇÃO DE PUBLICAÇÕES

Foram submetidos até a data do envio deste relatório um total de 5 artigos, sendo para as revistas: IBRACON Estrut. Mater., *Construction and Building*, *Cerâmica e Brazilian Journal of Development*. A 14 apresenta a relação de artigos.

Tabela 14. Relação de artigos

ISSN	ANO	Revista/Atividade	Título do artigo	Situação
1696-8352	2025	Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana	Viabilidade econômica e sustentável utilizando BIM de um retrofit estrutural aplicado em um edifício educativo	PUBLICADO

2317-8604	2024	Technical and Scientific Journal Green Cities	Aplicação de retrofit sustentável em edificação educacional com a utilização de BIM	PUBLICADO
1696-8352	2023	Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana	Benefícios da utilização de metodologia BIM em projetos de retrofit	PUBLICADO
2675-6218	2023	RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinas	Estudo de retrofit aplicado no Pavilhão Pedagógico I	PUBLICADO
2352-7102	2024	Journal of Building Engineering	Influence of recycled aggregates and silica fume on the performance of pervious concrete	PUBLICADO
	2022	Certificado de Registro de Programa de Computador	CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL. Processo Nº: BR512023000087-6.	APROVADO
	2024	Certificado de Registro de Programa de Computador	Ferramenta Computacional com Banco de Dados para a Verificação Mecânica dos Pilares de Aço. Processo Nº: BR512024002767-0.	APROVADO
	2021	Organização de evento	MAC Sustentável – Ciclo de vida	
	2022	Organização de evento	MAC Sustentável 2022 – Retrofit: Um modelo para o desenvolvimento sustentável	
	2023	Organização de evento	MAC Sustentável 2023 – Investigación Académica com Materiales Alternativos	
	2024	Organização de evento	MAC Sustentável 2024 – Construções Sustentáveis com Light Steel Frame	
	2025	Organização de evento	MAC Sustentável 2025 – Sustentabilidade na Gestão de Resíduos	
	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	Aplicação de um estudo retrofit numa edificação educacional, tornandoa uma construção sustentável	PUBLICADO

	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	ADIÇÃO DE FIBRAS PARA CONFECÇÃO DE CONCRETO TRANSLÚCIDO	PUBLICADO
	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	ADIÇÃO PARCIAL DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA DOSAGEM DE CONCRETO DE ALTA PERFORMANCE	PUBLICADO
	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	Estudo da influência da granulometria dos agregados nas propriedades físicas e mecânicas do concreto convencional de cimento Portland	PUBLICADO
	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	Concreto Auto-adensável de Alto Desempenho com Adição de Cinzas do Bagaço de Cana-de-açúcar	PUBLICADO
	2025	66º Congresso Brasileiro do Concreto	Estudo do resíduo de borracha de pneu em compósitos cimentícios comparando a pérola de poliestireno, na confecção de concreto leve.	PUBLICADO
	2025	66º Congresso Brasileiro do Concreto	Retrofit com A Utilização Do BIM Aplicada A Uma Edificação Educacional Em Rio Verde-GO	PUBLICADO
	2025	66º Congresso Brasileiro do Concreto	Análise da metodologia construtiva de baixo custo para pavimentos de concreto permeável com incorporação do resíduo de polimento de pisos de concreto	PUBLICADO
	2025	66º Congresso Brasileiro do Concreto	Cimento Ecológico: Substituição de Cinzas de Bagaço de Cana-de-Açúcar Derivado da Indústria Sucroalcooleira	PUBLICADO
	2023	Prêmio melhor artigo 64º Ibracon	Concreto Auto-adensável de Alto Desempenho com Adição de Cinzas do Bagaço de Cana-de-açúcar	
	2023	64º Congresso Brasileiro do Concreto	Participação evento	

7 FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Tabela 15. Estudantes orientados no período pós doutoral

ANO	Nível	Nomes
2022	TCC	Adolfo Carmo da Costa Neto
2022	IC	Geovanna Oliveira da Paixão Matheus Victor de Oliveira Silva Marcelo Freitas Damasio
2022	Mestrado	Anna Julia Henrique Ribeiro
2023	TCC	Guilherme Gabriel Queiroz Thiago Cabral Brito Arthur Gonçalves Souza Marcella Garofo Leão Eder Ferreira Lima Gabriel Germano Vieira Rodrigues José Fonseca Vilela Neto
2023	IC	Maria Eduarda Valim Fernandes Yasmim Camillo Barros
2024	TCC	Waléria do Carmo Batista
2024	IC	Alice Medheyros Bichler
2025	TCC	Marcelo Freitas Damasio Maria Eduarda Valim Fernandes Tiago Apolinário de Lima Gleyver Brasileiro dos Santos Souza Maria Eduarda Silva Arantes
2025	Mestrado	Júlio César Gomes Rodrigues Gabriel Garcia Pavan

8 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Durante o período de março de 2018 a agosto de 2020 foram desenvolvidas as seguintes atividades, onde a 15 apresenta a sequência das atividades.

Tabela 16. Sequência das atividades.

ANO	Atividades	Situação	CH
2022	Levantamento bibliográfico aprofundado sobre retrofit, sustentabilidade e BIM. Início do diagnóstico técnico do Pavilhão Pedagógico I, com levantamento métrico e registro de patologias;	Executada	7h/semana
2023	Consolidação do diagnóstico técnico. Desenvolvimento da modelagem arquitetônica em ambiente BIM. Elaboração da proposta de retrofit arquitetônico. Submissão e publicação do primeiro artigo científico.	Executada	7h/semana
2024	Desenvolvimento e integração dos projetos complementares em BIM, compatibilização multidisciplinar e extração de quantitativos. Início da modelagem estrutural e análise comparativa preliminar. Publicação de artigos relacionados à aplicação do BIM no retrofit.	Executada	7h/semana
2025	Consolidação da análise estrutural comparativa entre retrofit e reconstrução. Avaliação econômica e ambiental, incluindo estimativa de custos, resíduos e emissões de CO ₂ . Publicação do artigo de viabilidade estrutural e sustentável. Finalização do relatório de pós-doutorado	Executada	7h/semana
2022 a 2025	Formação de Recursos Humanos: Orientações de TCC, Pós-graduação stricto sensu (mestrado) e Iniciação Científica.	Executada	1120h

ANEXO A – DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS

Documentos comprobatórios

A seguir estão anexados os documentos comprobatórios, organizados da seguinte maneira:

- I – Artigos publicados em periódicos e patentes
- II – Apresentação de trabalho em eventos
- III – Resumos publicados em anais de eventos
- IV – Organização de eventos científicos
- V – Participação em bancas e comissões julgadoras
- VI – Atividades de formação docente

Ilha Solteira, 20 março de 2026

Jorge Luís Akasaki

Bacus de Oliveira Nahime

Viabilidade econômica e sustentável utilizando BIM de um retrofit estrutural aplicado em um edifício

Economic and sustainable viability using BIM of a structural retrofit applied to an educational building

Viabilidad económica y sostenible utilizando BIM de un retrofit estructural aplicado en un edificio educativo

DOI: 10.55905/oelv23n2-115

Receipt of originals: 01/10/2025

Acceptance for publication: 01/31/2025

Marcelo Freitas Damasio

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Instituto Federal Goiano

Endereço: Rio Verde, Goiás, Brasil

E-mail: marcelo.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br

Jane Kelly Vilela Santos

Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

Instituição: Universidade de Rio Verde

Endereço: Rio Verde, Goiás, Brasil

E-mail: janekelly@unirv.edu.br

Timoteo David Marcelino de Oliveira

Mestre em Direito do Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Universidade de Rio Verde

Endereço: Rio Verde, Goiás, Brasil

E-mail: vvtnc@yahoo.com.br

Alberto Barella Netto

Ph.D em Administração pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Instituição: Universidade de Rio Verde

Endereço: Rio Verde, Goiás, Brasil

E-mail: barella@unirv.edu.br

Aniele Lacerda Moreira

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Rio Verde

Endereço: Rio Verde, Goiás, Brasil

E-mail: aniele.lacerda@estudante.ifgoiano.edu.br



Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes
Technical and Scientific Journal Green Cities

ISSN 2317-8604 Suporte Online / Online Support

Edição em Português e Inglês / Edition in Portuguese and English - Vol. 12, N. 37, 2024

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/>



Benefícios da utilização de metodologia BIM em projetos de retrofit em uma edificação de uso educacional

Benefits of using BIM methodology in retrofit projects in an educational use building

DOI: 10.55905/oelv21n12-158

Recebimento dos originais: 11/11/2023

Aceitação para publicação: 11/12/2023

Aniele Lacerda Moreira

Mestranda em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Caixa Postal 66, Rio Verde - GO,
CEP: 75901-970

E-mail: aniele.lacerda@estudante.ifgoiano.edu.br

Bacus de Oliveira Nahime

Doutor em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Caixa Postal 66, Rio Verde - GO,
CEP: 75901-970

E-mail: bacusnahime@ifgoiano.edu.br

Jorge Luís Akasaki

Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Estadual Paulista - campus Ilha Solteira

Endereço: Avenida Brasil, 56, Centro, Ilha Solteira - SP

E-mail: jorge.akasaki@unesp.br

Eduarda Ferreira de Paula

Graduada de Engenharia Civil

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Caixa Postal 66, Rio Verde - GO,
CEP: 75901-970

E-mail: eduardafpaula@gmail.com

Michell Macedo Alves

Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Caixa Postal 66, Rio Verde - GO,
CEP: 75901-970

E-mail: michell.macedo@ifgoiano.edu.br



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA 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

Eduarda Ferreira de Paula¹, Michell Macedo Alves², Jorge Luis Akasaki³, Igor Soares dos Santos⁴, Bruna Oliveira Campos⁵, Idalci Cruvinel dos Reis⁶, Bacus de Oliveira Nahime⁷, Aniele Lacerda Moreira⁸, Pâmela Millena Kunan⁹

e331214

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1214>

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, aplicada ao pavilhão pedagógico I do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde-GO, com intuito de trazer melhorias acústicas, térmicas e energéticas para melhor desempenho e utilização dos integrantes do instituto, tornando o pavilhão sustentável, autossuficiente e modelo de construção do futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Retrofit. Sustentabilidade. BIN

ABSTRACT

Associated with the concern with the energy crisis and environmental sustainability, the search for the renovation and adaptation of buildings condemned by its efficiency has been conquering the market, being the Retrofit process, which aims to maintain the identity of the establishment, but adapting it to the established conditions of the construction of the future. This research aims to develop a Retrofit project, with the aid of BIM modeling, applied to pedagogical pavilion I of the Federal Institute Goiano Campus Rio Verde-GO, in order to bring acoustic, thermal and energetic improvements for better performance and use of the members of the institute, making the pavilion sustainable, self-sufficient and model of construction of the future.

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

¹ Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – GO.

² Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

³ Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela USP. Professor no Instituto Federal Goiano.

⁴ Mestrando em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Goiano.

⁵ Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Goiano.

⁶ Doutor em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista. Instituto Federal Goiano.

⁷ Doutor em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Universidade de Rio Verde/UnirV.

⁸ Engenheira Civil pela UnirV - Universidade de Rio Verde, Especialista em Projeto, dimensionamento de estruturas e fundações pela UnirV. Mestranda em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Goiano.

⁹ Mestranda em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Goiano.



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Building Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jobe

Influence of recycled aggregates and silica fume on the performance of pervious concrete

Kelly Patrícia Torres Vieira Brasileiro^{a,*}, Bacus de Oliveira Nahime^a,
Elton Carvalho Lima^b, Michell Macedo Alves^a, Walkíria Pederiva Ferreira^a,
Igor Soares dos Santos^a, César Pereira Bezerra Filho^c, Idalci Cruvinel dos Reis^a

^a Instituto Federal Goiano – IFGoiano, Rio Verde, GO, 75.901-970, Brazil

^b Universidade Federal do Tocantins – UFT, Porto Nacional, TO, 77500-000, Brazil

^c Universidade de Rio Verde – UNIRV, Rio Verde, GO, 75901-970, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Paving
Recycled aggregate
Pervious concrete
Resistance

ABSTRACT

A large amount of waste is produced daily, across cities worldwide. To ensure that this waste is not discarded incorrectly and does not pollute the environment or occupy areas for other purposes, we must find ways to reuse it. This work proposes the evaluation of pervious concrete with construction and demolition waste from a recycling plant. It is a proposal that unites the use of construction waste with the positive contribution of pervious concrete that allows rainwater to infiltrate it. To determine the appropriate mix for high-strength pervious concretes, pervious concrete with a superplasticizer additive, 10 % silica fume, natural aggregate, and replacing natural aggregates with 40 %, 50 %, and 60 % recycled aggregates were analyzed. The following tests were performed: absorption, void ratio, permeability, compressive strength, flexural tensile strength, thermal analysis, X-ray diffraction, and scanning electron microscopy. The performance of the material was evaluated by building an experimental track with pervious concrete made of natural aggregates and replacing natural aggregates with 40 % and 60 % recycled aggregates. With an increase in natural aggregates from 40 % to 60 % in pervious concrete, a reduction in the compressive strength was observed compared to the control. Pervious concrete with 40 % recycled aggregates presented the best results for the properties analyzed. Further, all samples presented values higher than those established in the ABNT NBR 16416/2015 standard for use in pervious concrete in pedestrian traffic areas.

1. Introduction

The construction industry, is one of the largest waste generators worldwide and generates more than 10 billion pieces of construction and demolition waste (CDW), impacting the environment through excessive consumption of raw materials, energy, and greenhouse gas emissions [1,2]. The recycling and reuse of CDW in the construction sector contributes to economic and environmental sustainability [3]. In addition, this recycling and reuse also contributes directly toward achieving one of the main Sustainable Development Goals of the 2030 United Nations Agenda: ensuring sustainable production and consumption patterns by reducing

* Corresponding author.

E-mail addresses: kellypatriciatv@hotmail.com (K.P.T.V. Brasileiro), bacusnahime@ifgoiano.edu.br (B.O. Nahime), eltonlima@uft.edu.br (E.C. Lima), michellmacedorv@gmail.com (M.M. Alves), arpederiva@gmail.com (W.P. Ferreira), igorsoaresdosantos@gmail.com (I.S. Santos), cesarfilho@unirv.edu.br (C.P.B. Filho), idalcireis@ifgoiano.edu.br (I.C. Reis).

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108347>

Received 12 August 2023; Received in revised form 14 December 2023; Accepted 15 December 2023

Available online 27 December 2023

2352-7102/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512023000087-6**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 27/08/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL

Data de publicação: 27/08/2022

Data de criação: 27/07/2022

Titular(es): IDALCI CRUVINEL DOS REIS; BACUS DE OLIVEIRA NAHIME; ALBERTO BARELLA NETTO; IGOR SOARES DOS SANTOS; MARCIO DA SILVA VILELA; MICHELL MACEDO ALVES; JORGE LUIS AKASAKI; CÉSAR PEREIRA BEZERRA FILHO; KELLY PATRICIA TORRES VIEIRA BRASILEIRO; WALKÍRIA PEDERIVA FERREIRA

Autor(es): IDALCI CRUVINEL DOS REIS; BACUS DE OLIVEIRA NAHIME; ALBERTO BARELLA NETTO; IGOR SOARES DOS SANTOS; MARCIO DA SILVA VILELA; MICHELL MACEDO ALVES; JORGE LUIS AKASAKI; CÉSAR PEREIRA BEZERRA FILHO; KELLY PATRICIA TORRES VIEIRA BRASILEIRO; WALKÍRIA PEDERIVA FERREIRA

Linguagem: PYTHON

Campo de aplicação: CC-02

Tipo de programa: AP-01; SO-02; TC-01

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:

f552b0ba48369082217ee78a67e4786771f913e2d95f01a1f64511b4c7a5d2d6253c00dcb96894c2bc37b58e1ea795ef3af3a3a86c4d27847583df215e3e4aaa

Expedido em: 17/01/2023

Aprovado por:

Joelson Gomes Pequeno

Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512024002767-0**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 15/04/2024, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Ferramenta Computacional com Banco de Dados para a Verificação Mecânica dos Pilares de Aço

Data de publicação: 15/04/2024

Data de criação: 01/02/2024

Titular(es): MICHELL MACEDO ALVES

Autor(es): BACUS DE OLIVEIRA NAHIME; MICHELL MACEDO ALVES; ALEX NEVES JÚNIOR; FAY KLAGENBERG; YGOR MORAIS GUIMARÃES; PHELLIPE MENDONÇA DE PAIVA; WANDERLEI MALAQUIAS PEREIRA JÚNIOR

Linguagem: JAVA SCRIPT

Campo de aplicação: CC-05

Tipo de programa: AP-01

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:

11419c8b69a9e1723c23d60c1640d58781205536cb80d1d4e7a421482cd284d615b4c7983cd7767c5fdbd53ab6724048149f3a59ec833d51199ca98d972a196a

Expedido em: 13/08/2024

Aprovado por:
Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO



**64º Congresso
Brasileiro do
Concreto**
Florianópolis 2023
18 a 21 de outubro

Anais do
**64º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2023**

Outubro / 2023
© 2023 - IBRACON - ISSN 2175-8182

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

Bacus de Oliveira Nahime (1); Eduarda Ferreira de Paula (2); Aniele Lacerda Moreira (3); Pamela Millena Kunan (4); Bruna de Oliveira Campos (5); Janekelly Vilela Santos (6)

(1) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Rio Verde.

(2) Graduanda de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

(3) Engenheira Civil Especialista, Universidade de Rio Verde.

(4) Engenheira Civil, Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

(5) Engenheira Civil Mestra, Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

(6) Engenheira Civil Especialista, Universidade de Rio Verde.

bacus@unirv.edu.br.

Resumo

Se tratando da emissão de gases nocivos na atmosfera, um dos gases mais representativos e propagadores do efeito estufa é o CO₂. A construção civil está associada a um dos maiores índices de emissão do gás em referência em função da produção de materiais e métodos de produção. Desta forma, o setor possui influência direta através do seu principal produto: às edificações, à preocupação com a crise energética e com a sustentabilidade ambiental. A proposta *retrofit* apresenta como uma solução para a diminuição do impacto causado pelo setor, agregando renovação e adaptação de construções deterioradas. A pesquisa em questão objetiva mostrar a avaliação feita em uma edificação educacional que apresenta patologias consideráveis, necessitando de adaptação à acessibilidade, deficiências energéticas, térmicas e de luminância, além do propósito de desenvolver um layout de projeto *retrofit*, com auxílio de softwares de modelagem BIM, apresentando à instituição propostas relevantes que resultarão em melhorias para a edificação. Por fim, conclui-se que a partir do emprego do modelo de estudo *retrofit*, que pela sua importância para o estoque de construção, cuja aplicabilidade torna a edificação sustentável, o método mostra-se autossuficiente, podendo ser considerado um modelo de construção para o futuro, sendo benéfico à edificação e ao meio ambiente.

Palavra-Chave: Retrofit, sustentabilidade, eficiência energética, BIM.

Abstract

When it comes to the emission of harmful gases into the atmosphere, one of the most representative gases and propagators of the greenhouse effect is CO₂. Civil construction is associated with one of the highest levels of emission of the gas in reference due to the production of materials and production methods. In this way, the sector has direct influence through its main product: buildings, concern with the energy crisis and environmental sustainability. The retrofit proposal presents itself as a solution to reduce the impact caused by the sector, adding renovation and adaptation of deteriorated buildings. The research in question aims to show the evaluation made in an educational building that presents considerable pathologies, requiring adaptation to accessibility, energy, thermal and luminance deficiencies, in addition to the purpose of developing a retrofit project layout, with the aid of BIM modeling software, presenting the institution with relevant proposals that will result in improvements to the building. Finally, it is concluded that from the use of the retrofit study model, which due to its importance for the construction stock, whose applicability makes the building sustainable, the method is self-sufficient and can be considered a construction model for the future, being beneficial to the building and the environment.

Keywords: Retrofit, sustainability, energy efficiency, BIM.

1 Introdução



**64º Congresso
Brasileiro do
Concreto**
Florianópolis 2023
18 a 21 de outubro

Anais do
**64º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2023**

Outubro / 2023
B3 2023 - IBRACON - ISSN 2175-8182

ADIÇÃO DE FIBRAS PARA CONFEÇÃO DE CONCRETO TRANSLÚCIDO

Addition of fibers for making translucent concrete

Geovanna Oliveira da Paixão (1); Bacus de Oliveira Nahime (2).

(1) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil- Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde;

(2) Professor Doutor de Engenharia Civil – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

geovannapaixao24@gmail.com

Resumo

O concreto se tornou um dos principais materiais da construção civil por ter, alta resistência à compressão, por atuar como um ótimo elemento de vedação e por sua durabilidade. Através do avanço tecnológico, muito vem sendo falado sobre algumas estratégias para melhorar suas características, através de adições e incorporações na sua fórmula base, para aprimorar ainda mais a sua versatilidade e otimizar sua utilização. Levando isso em consideração, o presente trabalho tem como objetivo, apresentar um concreto que seja translúcido (permite a passagem de luz) com adição de fibra ótica à matriz de um concreto autoadensável, a fim de analisar as possibilidades da produção de um material que atenda às necessidades estruturais de um bloco, e mantenha ou melhore as propriedades mecânicas deste material. Os resultados obtidos mostram um aumento de resistência entre o concreto translúcido e o concreto autoadensável (convencional), no rompimento com 7 e 28 dias.

Palavras-Chave: Compósito; Propriedades mecânicas; Transmittância.

Abstract

Concrete has become one of the main materials in civil construction because it has high compressive strength, acts as a great sealing element and is durable. Through technological advancement, much has been said about some strategies to improve its characteristics, through additions and incorporations in its base formula, to further improve its versatility and optimize its use. Taking this into account, the present work aims to present a concrete that is translucent (allows the passage of light) with the addition of optical fiber to the matrix of a self-compacting concrete, in order to analyze the possibilities of producing a material that meets to the structural needs of a block, and maintain or improve the mechanical properties of this material. The obtained results show an increase of resistance between the translucent concrete and the self-compacting concrete (conventional), in the rupture with 7 and 28 days.

Keywords: Composite; Mechanical properties; Transmittance.



ADIÇÃO PARCIAL DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA DOSAGEM DE CONCRETO DE ALTA PERFORMANCE

Partial addition of ashes sugarcane for making high-performance concrete

Matheus Victor de Oliveira Silva (1); Bacus de Oliveira Nahime (2).

(1) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil- Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde;

(2) Professor Doutor de Engenharia Civil – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

silva.matheus.victor@gmail.com

bacusnahime@ifgoiano.edu.br

Resumo

Materiais normais e não convencionais são utilizados para dosar concreto de alto desempenho, que por sua vez, necessita de uma combinação e performance específica, com base nas suas propriedades. Assim, o objetivo desse trabalho foi realizar testes de compressão em dois tipos de concreto para avaliar a viabilidade da adição de 10% de das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar em uma dosagem de concreto convencional, o trabalho desenvolveu-se comparando, uma dosagem de referência e outra com adição de 10% das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar com relação a massa de cimento. Os resultados apresentaram resistência a compressão de 45,19MPa em cura úmida no traço de referência e resistência a compressão de 59,31MPa do traço com adição de cinzas, ambos em idades de 28 dias. Conclui-se ser possível utilizar como adição a cinza do bagaço da cana-de-açúcar para obter um concreto com alta performance, quanto observa-se o resultado da resistência a compressão. Aqui foi avaliada apenas a resistência a compressão, sugerindo novas investigações de durabilidade para a possível afirmação desse concreto ser de alto desempenho.

Palavra-Chave: Adição; Cimento; Cinza; Compressão; Resistência.

Abstract

Normal and non-conventional materials are used to proportion high-performance concrete, which in turn requires a specific combination of properties based on its performance. Thus, the objective of this study was to conduct compression tests on two types of concrete to assess the feasibility of adding 10% sugarcane bagasse ash to a conventional concrete mix. The study compared a reference mix to another mix with the addition of 10% sugarcane bagasse ash by mass of cement. The results showed a compression strength of 45,19 MPa for the reference mix and a compression strength of 59,31 MPa for the mix with ash addition, both at 28 days of age under wet curing conditions. It can be concluded that it is possible to use sugarcane bagasse ash as an additive to achieve high-performance concrete, as indicated by the compression strength results. Only compressive strength was evaluated here, suggesting further investigations into durability to confirm the high-performance nature of this concrete.

Keywords: Addition; Ash; Cement; Compression; Resistance.



Estudo da influência da granulometria dos agregados nas propriedades físicas e mecânicas do concreto convencional de cimento Portland

Study of the influence of aggregate granulometry on the physical and mechanical properties of conventional Portland cement concrete

Bacus de Oliveira Nahime (1); Keferson Ferreira Cabral (2); Igor Soares dos Santos (3); César Pereira Bezerra Filho (4); Maria Eduarda Telles Vieira (5); Matheus Victor de Oliveira Silva (6)

(1) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde

(2) Engenheiro Civil, Universidade de Rio Verde

(3) Mestrando PPGEAS, Engenheiro Civil, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

(4) Engenheiro Civil, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

(5) Graduanda Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde

(6) Graduando Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

bacus@unirv.edu.br

Resumo

A produção de concretos duráveis e com boas propriedades mecânicas depende tanto da qualidade dos materiais utilizados como também do método de dosagem utilizado. Dessa forma, é necessário que sejam realizados estudos com o intuito de investigar as propriedades dos materiais constituintes do concreto e suas diversas proporções na mistura. Neste trabalho foram produzidos três traços de concreto, uma referência (T-R) dosado pelo método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o traço 1 (T-1), utilizando a mesma dosagem do T-R mas substituindo o agregado graúdo para uma mistura de 70% de brita 1 e 30% brita 0, e o traço 2 (T-2), substituindo agora o agregado miúdo por uma mistura de 50% de areia média e areia fina. Foram investigadas as propriedades físicas e mecânicas dos concretos. Foi observado que a manipulação granulométrica dos agregados foi benéfica para o desempenho mecânico, na qual a média máxima de resistência à compressão foi de 39,12 MPa e 3,51 MPa de resistência à tração para o traço T1 aos 28 dias. O T-2 apresentou os melhores resultados em relação às propriedades que determinam a durabilidade, mostrando 3,97% de absorção de água por imersão e 9,48 % de índice de vazios. De maneira geral, os traços modificados apresentaram propriedades melhores que o traço referência.

Palavra-Chave: Resistência à compressão, resistência à tração granulometria, agregados, método ABCP.

Abstract

The production of durable concrete with good mechanical properties depends both on the quality of the materials used and also on the dosage method used. Thus, it is necessary to carry out studies in order to investigate the properties of the constituent materials of concrete and their various proportions in the mixture. In this work, three mixes of concrete were produced, a reference (T-R) dosed by the dosing method of the Brazilian Association of Portland Cement (ABCP), mix 1 (T-1), using the same dosage of the T-R but substituting the coarse aggregate for a mixture of 70% gravel 1 and 30% gravel 0, and trace 2 (T-2), now replacing the fine aggregate with a mixture of 50% medium sand and fine sand. The physical and mechanical properties of concretes were investigated. It was observed that the granulometric manipulation of the aggregates was beneficial for the mechanical performance, in which the average maximum compressive strength was 39.12 MPa and 3.51 MPa of tensile strength for the T1 mix at 28 days. The T-2 showed the best results in relation to the properties that determine the durability, showing 3.97% of water absorption by immersion and 9.48% of voids index. In general, the modified traits showed better properties than the reference trait.

Keywords: Compressive strength, tensile strength granulometry, aggregates, ABCP method.



Concreto Auto-adensável de Alto Desempenho com Adição de Cinzas do Bagaço de Cana-de-açúcar

High Performance Self-Compacting Concrete with Sugarcane Bagasse Ash

José Fonseca Vilela Neto (1); Bacus de Oliveira Nahime (2); Matheus Victor de Oliveira Silva (3); Maria Eduarda Telles Vieira (4); Geovanna Oliveira da Paixão (5).

(1) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde - Campus Rio Verde

(2) Professor Doutor de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde - Campus Rio Verde

(3) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil, If Goiano - Campus Rio Verde

(4) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde - Campus Rio Verde

(5) Acadêmico de bacharelado em Engenharia Civil, If Goiano - Campus Rio Verde

josenetorcccc@gmail.com

Resumo

Com o avanço dos estudos sobre concreto na atualidade, a melhora na resistência e qualidade do concreto pode ser advinda de produtos mais baratos e não muito utilizados normalmente, como é o caso das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar. Portanto, o objetivo principal do trabalho é mostrar que pode-se ter um concreto auto-adensável de menor custo, alta resistência à compressão e preservação, pois as cinzas não têm destinação adequada, são simplesmente descartadas no meio ambiente. Essas cinzas podem ser usadas como substituição do cimento, pois têm características pozolânicas e é um material que diminui os vazios do concreto, fazendo com que o mesmo obtenha altas resistências. Com isso, pode-se perceber que é possível fazer um concreto auto-adensável mais barato e mais favorável ao meio ambiente. Considerando as vantagens expostas, é importante que o uso desse material seja mais intensificado e o conhecimento sobre ele seja mais divulgado.

Palavra-Chave: concreto auto-adensável; sílica; cinzas.

Abstract

With the advancement of studies on concrete today, the improvement in strength and quality of concrete can come from cheaper products that are not normally used, such as sugarcane bagasse ashes. Therefore, the main objective of this work is to show that self-compacting concrete can be produced at a lower cost, with high resistance to compression and preservation, since the ashes do not have an adequate destination, they are simply discarded in the environment. These ashes can be used as a substitute for cement, as they have pozzolanic characteristics and are a material that reduces voids in concrete, making it obtain high resistance. With this, it can be seen that it is possible to make self-compacting concrete cheaper and more environmentally friendly. Considering the exposed advantages, it is important that the use of this material is more intensified and the knowledge about it is more disseminated.

Keywords: self-compacting; silica; ashes.



Estudo do resíduo de borracha de pneu em compósitos cimentícios comparando a pérola de poliestireno, na confecção de concreto leve.

Study of tire rubber residue in cementitious composites compared to polystyrene beads in the Productions of lightweight concrete.

Bacus de Oliveira Nahime(2,3); João Eduardo Pacheco Marques (1); Leticia Vitoria Freitas Canton(1); Leonardo da Silva Gurgel (1); Maria Eduarda Valim Fernandes (1); Vitor Neres Martins

(1) Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

(2) Professor Doutor de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

(3) Professor Doutor de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde

Resumo

O descarte inadequado de pneus causa sérios impactos ambientais, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias. Este estudo avaliou o efeito da adição de sílica ativa nas propriedades mecânicas, microestruturais e térmicas do concreto leve com resíduos de borracha de pneu (RB), em comparação com concreto leve usando poliestireno expandido (EPS). A substituição de 10% do cimento por sílica ativa resultou em uma redução de 9% na densidade das amostras. Embora a resistência à compressão tenha sido insuficiente para aplicações estruturais, o material demonstrou ser eficaz em outras funções. Além disso, a resistência à tração foi superior ao compósito com EPS, e o RB apresentou melhor tenacidade. A análise microestrutural indicou áreas de má interação entre as fases do material. Com a adição de sílica ativa, o concreto com borracha mostrou maior impermeabilidade, sugerindo maior resistência a ataques químicos. Assim, o estudo conclui que o uso de grandes quantidades de borracha no compósito cimentício pode trazer vantagens, mesmo com uma ligeira redução nas propriedades mecânicas.

Palavra-Chave: Resíduos de borracha de pneu (RB), sílica ativa, compósito cimentício leve, poliestireno expandido (EPS), concreto leve, propriedades mecânicas, resistência à compressão, resistência à tração, tenacidade, microestrutura, impermeabilidade, sustentabilidade, impacto ambiental.

Abstract

The improper disposal of tires causes serious environmental impacts, requiring the development of new technologies. This study evaluated the effect of adding silica fume on the mechanical, microstructural, and thermal properties of lightweight concrete using tire rubber residue (TR), compared to lightweight concrete with expanded polystyrene (EPS). Replacing 10% of the cement with silica fume resulted in a 9% reduction in the sample density. Although the compressive strength was insufficient for structural applications, the material proved to be effective for other functions. Furthermore, the tensile strength was higher than that of the EPS composite, and the TR showed better toughness. Microstructural analysis revealed areas of poor interaction between the material's phases. With the addition of silica fume, the rubber concrete exhibited greater impermeability, indicating higher resistance to chemical attacks. Thus, the study concludes that using large amounts of rubber in cementitious composites can offer advantages, even with a slight reduction in mechanical Properties.

Keywords: Tire rubber residue (TR), silica fume, lightweight cementitious composite, expanded polystyrene (EPS), lightweight concrete, mechanical properties, compressive strength, tensile strength, toughness, microstructure, impermeability, sustainability, environmental impact.



Anais do 66º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2025

Outubro / 2025
@2025 - IBRACON - ISSN 2175-8182



Retrofit com A Utilização Do BIM Aplicada A Uma Edificação Educacional Em Rio Verde-GO

Retrofit Using BIM Applied to an Educational Building in Rio Verde-GO

Adolfo Carmo da Costa Neto(1); Thais Calisto Santos Guimarães (2);
Matheus Victor de Oliveira Silva (3); Vinício da Cunha Doró (4); Bacus de Oliveira Nahime(5);

(1) Engenheiro Civil pela Universidade de Rio Verde - UniRV

(2) Engenheira Civil pela Universidade de Rio Verde - UniRV

(3) Discente de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

(4) Professor Mestre, Departamento de Engenharia Civil - Universidade de Rio Verde - UniRV

(5) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil - Universidade de Rio Verde - UniRV
silva.matheus.victor@gmail.com

Resumo

O "Retrofit" refere-se a uma técnica que introduz um novo conceito de modernização do sistema e instalação, bem como a segurança do usuário. O BIM (Building Information Model) vem ganhando popularidade devido à incorporação de um modelo de informação tridimensional, o que torna os resultados mais compatíveis, detalhados e de fácil compreensão. O BIM facilita a execução de diversas análises, reduzindo os custos de construção. Como resultado, o método permite a previsão de possíveis problemas de incompatibilidade do projeto. O BIM é uma ferramenta com ampla gama de aplicações, uma das quais é a tecnologia "retrofit", que automatiza e agiliza processos. Dessa forma, foi aplicado o retrofit em uma edificação educacional na cidade de Rio Verde, datada da década de 80. Efetuando análises através de modelos informativos da construção, visando o aprimoramento do desenvolvimento acadêmico/pessoal. Para isso, foram analisados aspectos como: conforto acústico e térmico, sustentabilidade, meio ambiente, diminuição do consumo energético tendo como bons resultados a modernização da edificação, além da diminuição dos gastos energéticos e melhorias na qualidade da acessibilidade.

Palavra-Chave: Retrofit, BIM, Construção Enxuta.

Abstract

"Retrofit" refers to a technique that introduces a new concept of system and installation modernization, as well as user safety. BIM (Building Information Modeling) has been gaining popularity due to its integration of a three-dimensional information model, which makes the results more compatible, detailed, and easier to understand. BIM facilitates the execution of various analyses, reducing construction costs. As a result, the method enables the prediction of potential project incompatibilities. BIM is a tool with a wide range of applications, one of which is the "retrofit" technology, which automates and streamlines processes. Thus, retrofit was applied to an educational building in the city of Rio Verde, dating back to the 1980s. Analyses were carried out using building information models, aiming to enhance academic and personal development. Aspects such as acoustic and thermal comfort, sustainability, environmental impact, and reduction in energy consumption were analyzed, leading to positive results such as building modernization, reduced energy costs, and improved accessibility quality.

Keywords: Retrofit, BIM, Lean Construction.



Anais do 66º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2025

Outubro / 2025
@2025 - IBRACON - ISSN 2175-8182



Análise da metodologia construtiva de baixo custo para pavimentos de concreto permeável com incorporação do resíduo de polimento de pisos de concreto

Analysis of low-cost construction methodology for permeable concrete floors with incorporation of polishing residue from concrete floors

Igor Soares dos Santos (1); Matheus Victor de Oliveria Silva (2); Alaor Leão Neto (3); César Pereira Bezerra Filho (4); Alberto Barella Netto (5); Bacus de Oliveira Nahime (6).

(1) Mestre em Engenharia – Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde;
(2) Discente em Engenharia Civil – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde;
(3) Mestrando em Engenharia Civil – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde;
(4) Graduado em Engenharia Civil – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde;
(5) Doutor em Administração – Universidade de Rio Verde;
(6) Professor Doutor em Engenharia Civil – Universidade de Rio Verde.
silva.matheus.victor@gmail.com

Resumo

O concreto permeável apresenta vantagens ambientais e econômicas quando avaliado. No entanto, sua aplicação é pouco difundida na construção civil, principalmente devido à falta de procedimentos de execução estabelecidos e à percepção de custo mais elevado em comparação ao concreto convencional. Neste estudo, o objetivo principal foi analisar e aplicar uma metodologia construtiva de baixo custo para a produção de concreto permeável, Feito in loco, utilizando resíduos provenientes do polimento de pisos de concreto. Foram avaliadas, no trabalho, três dosagens: uma referência e outras duas com a adição do resíduo do polimento de pisos de concreto (RPPC) em 2 e 4% da massa do cimento, respectivamente. Durante a realização do trabalho, foi construída uma pista de teste contendo um trecho para cada traço do concreto permeável desenvolvido. Em seguida, foram realizadas avaliações da permeabilidade de cada trecho.

Palavra-Chave: Execução, Pavimento permeável, Baixo custo.

Abstract

However, its application is sparse in civil construction, mainly due to the lack of established enforcement procedures and the perceived higher cost compared to conventional concrete. In this study, the main objective was to analyze and apply a lowcost constructive methodology for the production of permeable concrete, done on site, using residues from the polishing of concrete floors. Three dosages were evaluated in the work: one reference and another two with the addition of the residue from the polishing of concrete floors (RPPC) in 2 and 4% of the mass of the cement, respectively. During the performance of the work, a test track was constructed containing a stretch for each trace of the permeable concrete developed. Afterwards, evaluations of the permeability of each stretch were carried out.

Keywords: Execution, permeable floor, low cost.



Anais do 66º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2025

Outubro / 2025
@2025 - IBRACON - ISSN 2175-8182



Cimento Ecológico: Substituição de Cinzas de Bagaço de Cana-de-Açúcar Derivado da Indústria Sucroalcooleira

Ecological Cement: Replacement of Sugarcane Bagasse Ash Derived from the Sugar and Alcohol Industry

Walkiria Pederiva Ferreira (1); Michell Macedo Alves (2); Philippe Barbosa Silva (2); Bacus de Oliveira Nahime (3,4); João Eduardo Pacheco Marques (5); Maria Eduarda Valim Fernandes(5)

(1) Mestre, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde-GO, Brasil

(2) Professor, Doutor, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde-GO, Brasil

(3) Professor Orientador, Doutor, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde-GO, Brasil

(4) Professor Orientador, Doutor, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde-GO, Brasil

(5) Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde

Resumo

Cinzas de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) não tratadas de duas usinas foram investigadas como substituto parcial de cimento Portland (CP) com o intuito de reduzir problemas ambientais decorrentes da produção de clínquer ao avaliar a viabilidade de uso como material cimentício suplementar com reatividade pozolânica. Argamassas e pastas foram produzidas com taxas de substituição de 25%, 30% e 35% de CBCA, com curas de 7, 14, 28, 90 e 180 dias. As argamassas foram caracterizadas em estado fresco por teste de trabalhabilidade e em estado endurecido através do desempenho mecânico por ensaios de compressão e de tração na flexão, absorção de água e índice de vazios. A composição química, composição mineralógica, análise térmica e formação de fases de hidratos foram feitas nas pastas e em ambas as cinzas. Os ensaios nas cinzas mostraram que a CBCACM apresentou um halo amorfo e que consumiu portlandita no processo de formação dos hidratos das pastas aos 28 e 90 dias. Os ensaios de desempenho mecânico mostraram que as cinzas têm menor resistência em idades curtas e ultrapassaram a amostra controle com idades longas.

Palavras-chave: Cinzas de biomassa; Reação pozolânica; Material cimentício suplementar; Substituição mineral; Material sustentável.

Abstract

Untreated sugarcane bagasse ash (CBCA) from two plants was investigated as a partial replacement for Portland cement (CP) with the aim of reducing environmental problems arising from clinker production by evaluating the feasibility of use as a supplementary cementitious material with pozzolanic reactivity. Mortars and pastes were produced with replacement rates of 25%, 30% and 35% of CBCA, with cures of 7, 14, 28, 90 and 180 days. The mortars were characterized in a fresh state through workability testing and in a hardened state through mechanical performance through compression and flexural tensile tests, water absorption and void index. The chemical composition, mineralogical composition, thermal analysis and formation of hydrate phases were carried out on the pastes and both ash. The ash tests showed that the CBCA-CM presented an amorphous halo and that it consumed portlandite in the process of forming the paste hydrates at 28 and 90 days. Mechanical performance tests showed that the ash has lower resistance at short ages and surpassed the control sample at long ages.

Keywords: Biomass ash; Pozzolanic reaction; Supplementary cementitious material; Mineral replacement; Sustainable material.



Anais do 66º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2025

Outubro / 2025
@2025 - IBRACON - ISSN 2175-8182



Estudo do resíduo de borracha de pneu em compósitos cimentícios comparando a pérola de poliestireno, na confecção de concreto leve.

Study of tire rubber residue in cementitious composites compared to polystyrene beads in the Productions of lightweight concrete.

Bacus de Oliveira Nahime(2,3); João Eduardo Pacheco Marques (1); Leticia Vitoria Freitas Canton(1); Leonardo da Silva Gurgel (1); Maria Eduarda Valim Fernandes (1); Vitor Neres Martins

- (1) Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde
(2) Professor Doutor de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde
(3) Professor Doutor de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde

Resumo

O descarte inadequado de pneus causa sérios impactos ambientais, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias. Este estudo avaliou o efeito da adição de sílica ativa nas propriedades mecânicas, microestruturais e térmicas do concreto leve com resíduos de borracha de pneu (RB), em comparação com concreto leve usando poliestireno expandido (EPS). A substituição de 10% do cimento por sílica ativa resultou em uma redução de 9% na densidade das amostras. Embora a resistência à compressão tenha sido insuficiente para aplicações estruturais, o material demonstrou ser eficaz em outras funções. Além disso, a resistência à tração foi superior ao compósito com EPS, e o RB apresentou melhor tenacidade. A análise microestrutural indicou áreas de má interação entre as fases do material. Com a adição de sílica ativa, o concreto com borracha mostrou maior impermeabilidade, sugerindo maior resistência a ataques químicos. Assim, o estudo conclui que o uso de grandes quantidades de borracha no compósito cimentício pode trazer vantagens, mesmo com uma ligeira redução nas propriedades mecânicas.

Palavra-Chave: Resíduos de borracha de pneu (RB), sílica ativa, compósito cimentício leve, poliestireno expandido (EPS), concreto leve, propriedades mecânicas, resistência à compressão, resistência à tração, tenacidade, microestrutura, impermeabilidade, sustentabilidade, impacto ambiental.

Abstract

The improper disposal of tires causes serious environmental impacts, requiring the development of new technologies. This study evaluated the effect of adding silica fume on the mechanical, microstructural, and thermal properties of lightweight concrete using tire rubber residue (TR), compared to lightweight concrete with expanded polystyrene (EPS). Replacing 10% of the cement with silica fume resulted in a 9% reduction in the sample density. Although the compressive strength was insufficient for structural applications, the material proved to be effective for other functions. Furthermore, the tensile strength was higher than that of the EPS composite, and the TR showed better toughness. Microstructural analysis revealed areas of poor interaction between the material's phases. With the addition of silica fume, the rubber concrete exhibited greater impermeability, indicating higher resistance to chemical attacks. Thus, the study concludes that using large amounts of rubber in cementitious composites can offer advantages, even with a slight reduction in mechanical Properties.

Keywords: Tire rubber residue (TR), silica fume, lightweight cementitious composite, expanded polystyrene (EPS), lightweight concrete, mechanical properties, compressive strength, tensile strength, toughness, microstructure, impermeability, sustainability, environmental impact.

Certificado

Certificamos, para os devidos fins, que o Prof. Dr. **BACUS DE OLIVEIRA NAHIME** colaborou na organização do Evento **“MAC Sustentável 2022 - Retrofit: Um modelo para o desenvolvimento sustentável”**, realizado nos dias 29 e 30 de novembro de 2022, promovido pelo grupo de pesquisa MAC Sustentável, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS.


Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

Coordenador

Realização



Certificado

Certificamos, para os devidos fins, que o Prof. Dr. **BACUS DE OLIVEIRA NAHIME** colaborou na organização do Evento **“MAC Sustentable 2023— Investigación Académica con Materiales Alternativos”**, realizado em 26/10/2023, promovido pelo grupo de pesquisa MAC Sustentável, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira—FEIS.


Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

Coordenador

Realización







Certifico que **Bacus de Oliveira Nahime** colaborou na organização do evento "**MAC Sustentável 2025 – Sustentabilidade na Gestão de Resíduos**", realizado nos dias **11 e 12 de novembro de 2025**, promovido pelo grupo de pesquisa **MAC Sustentável**, vinculado à **Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS)**.

JORGE LUÍS AKASAKI
coordenador



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

CERTIFICADO

Conferimos ao artigo 64CBC1012, sob o título

**"CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL DE ALTO DESEMPENHO COM
ADIÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR"**

dos autores

**José Fonseca Vilela Neto, Bacus de Oliveira Nahime, Matheus Victor de Oliveira Silva,
Maria Eduarda Telles Vieira e Geovanna Oliveira da Paixão**

o prêmio de melhor artigo científico da Macrorregional CENTRO-OESTE,
da 5ª edição do Concurso "O Artigo do Ano", ocorrida durante o 64º Congresso
Brasileiro do Concreto, em Florianópolis/SC.

Paulo Helene
Diretor Presidente

Carlos Amado Brites
Diretor Técnico

Florianópolis, SC - 2023



CERTIFICADO



Certificamos que

DR. BACUS DE OLIVEIRA NAHIME

Participou do
64º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
realizado no período de 18 à 21 de outubro de 2023, Florianópolis - SC.

Florianópolis, 21 de outubro de 2023.

Carga horária: 36 horas

Paulo Helene
Diretor Presidente

PATROCINADORES



ANEXO B - AVALIAÇÃO DO SUPERVISOR

Eu, Jorge Luís Akasaki, supervisor de pós-doutorado de BACUS DE OLIVEIRA NAHIME, venho por meio deste documento avaliar o desenvolvimento do referido projeto.

Considero que o trabalho foi executado com êxito pelo pós-doutorando, tendo sido cumpridos satisfatoriamente todos os requisitos necessários ao bom andamento do projeto. Os resultados obtidos foram satisfatórios e contribuem de forma significativa para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Diante do exposto, manifesto minha aprovação, sem ressalvas, do trabalho desenvolvido e do relatório apresentado pelo pesquisador.

Ilha Solteira, 20 de março de 2026.

Jorge Luís Akasaki
CPF: 062.359.978-33