

AVALIAÇÃO DAS DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE EDIFICAÇÕES JÁ EXISTENTES: ESTUDO DE CASO PARA O PRÉDIO DA FACULDADE DE LETRAS DA UFRJ

ASSESSMENT OF DIFFICULTIES IN DEVELOPING A DIGITAL MODEL OF EXISTING BUILDINGS: A CASE STUDY FOR THE UFRJ LETTERS SCHOOL

Tamelyn Costa ¹; Mariana Franco²; Joyce Teixeira³; Raissa Cruz⁴; Bruno Allevato ⁵; Lucas Caldas⁶

¹Graduanda | tamelyn.costa@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ²Mestre | marianasfranco@gmail.com | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ³Mestre | joyce.teixeira@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ⁴Mestre | raissa.cruz@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ⁵Mestre | bruno.allevato@fundoverde.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ⁶Doutor | lucas.caldas@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil

Resumo:

Este artigo apresenta os resultados de um estudo realizado por um grupo de pesquisa da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, em parceria com o Fundo Verde da UFRJ, com o objetivo de contribuir para a elaboração de um Plano Diretor de Sustentabilidade para o Câmpus da Cidade Universitária da UFRJ, tendo como estudo de caso o prédio da Faculdade de Letras. O trabalho envolveu o levantamento documental, visitas técnicas, sistematização das informações e a modelagem computacional em BIM da edificação com foco no desempenho energético. A pesquisa teve como base metodológica a análise do projeto existente, a coleta de dados in loco e a simulação computacional utilizando software específico. Ao longo do processo, foram enfrentadas diversas dificuldades, como a incompatibilidade de informações entre o projeto e a realidade construída, a limitação de acesso a espaços internos e a ausência de dados técnicos de equipamentos. Ainda assim, foi possível desenvolver diretrizes que orientam intervenções futuras no edifício, como a substituição de aparelhos de ar-condicionado, melhorias na cobertura e adequações para receber sistemas fotovoltaicos. O estudo reforça a importância da integração entre ensino, pesquisa e extensão, e destaca o potencial de replicabilidade da metodologia em outros edifícios da universidade.

Palavras-chave:

Eficiência energética; Edificação existente; Modelagem computacional; BIM; Sustentabilidade.

Abstract:

This paper presents the results of a study conducted by a research group from the Faculty of Architecture and Urbanism at UFRJ, in partnership with UFRJ's Green Fund, aiming to contribute to the development of a Sustainability Master Plan for the School of Letters building of the University City. The work involved document analysis, technical visits, data systematization, and building energy modeling. The methodology included assessment of the existing project, field data collection, and BIM computational simulations using specific software. Several challenges emerged during the process, such as discrepancies between project documentation and the built environment, limited access to internal areas, and lack of technical information on equipment. Despite these obstacles, the study established guidelines for future interventions in the building, such as replacing air conditioning units, improving the roof, and adapting it to support photovoltaic systems. The research highlights the importance of integrating teaching, research, and outreach activities, and emphasizes the potential for replicating this methodology in other university buildings.

Keywords:

Energy efficiency; Existing building; Computational modeling; BIM; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A otimização energética em edificações existentes é um desafio crescente no campo da Arquitetura, especialmente em edificações históricas ou de construção já existente, que frequentemente enfrentam dificuldades estruturais e operacionais para se adequar às novas exigências de sustentabilidade. O prédio da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), construído em janeiro de 1985, é um exemplo de uma edificação que, apesar de sua importância funcional e arquitetônica, apresenta sérios desafios em relação à eficiência energética. Caracterizado por uma estrutura horizontalizada, com três pavimentos e um sistema de concreto armado, o edifício abriga diversos ambientes, como salas de aula, auditórios e a biblioteca da universidade. Ao longo dos anos, o prédio sofreu com a falta de investimentos, o que dificultou sua manutenção e atualização. No entanto, a possibilidade de novos investimentos oferece uma oportunidade única para o desenvolvimento de soluções para a melhoria do desempenho energético do edifício.

Alguns estudos têm demonstrado a relevância da gestão energética em universidades públicas como forma de reduzir custos e melhorar o desempenho ambiental (PAIXÃO, 2020; BATTISTELLA, 2021). O presente estudo se propõe a avaliar as dificuldades encontradas na elaboração de um modelo computacional de otimização energética para o prédio de Letras, com foco nas questões de consumo elevado de energia elétrica e sistemas obsoletos, como aparelhos de ar-condicionado antigos e lâmpadas sem sensores de presença. Além disso, a cobertura do edifício não apresenta um bom isolamento térmico, o que contribui para o aumento do consumo de energia para a climatização. A relevância deste trabalho está no potencial de transformar a infraestrutura de uma edificação existente em uma solução mais eficiente e sustentável, sem comprometer sua estrutura original. Ao abordar essas questões, o estudo busca fornecer uma contribuição significativa para a melhoria do desempenho energético de edifícios universitários, servindo como modelo para outras intervenções em edificações semelhantes.

Os objetivos deste trabalho incluem a análise detalhada dos problemas energéticos encontrados no prédio de Letras e a implementação de soluções para a otimização do consumo de energia, com o auxílio de ferramentas de modelagem 3D. Espera-se, ao final do estudo, propor um modelo de intervenção que permita melhorar o desempenho energético do prédio, ao mesmo tempo em que se mantém o conforto térmico e a funcionalidade dos espaços. Adicionalmente, a estrutura seguida poderá ser utilizada e adaptada por outras tipologias similares e no contexto de universidades públicas brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A eficiência energética em edificações universitárias tem se configurado como um tema de crescente relevância, especialmente em instituições públicas que, em sua maioria, operam em edificações antigas e com recursos financeiros limitados. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no Brasil com o objetivo de compreender o consumo energético nesses contextos, diagnosticar suas principais deficiências e propor soluções viáveis. Esta seção apresenta um panorama das contribuições mais relevantes para o presente artigo, organizadas em três eixos: estudos sobre consumo energético em universidades públicas; uso de modelagem e simulação computacional para diagnóstico energético; e estratégias específicas de retrofit e eficiência.

2.1 ESTUDOS SOBRE CONSUMO ENERGÉTICO EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS

Pesquisas têm analisado o consumo de energia elétrica em instituições públicas de ensino superior, revelando um panorama comum de ineficiência energética associado à ausência de políticas estruturadas de gestão e à obsolescência dos sistemas prediais. Paixão (2020) investigou a implementação de um sistema de gestão de energia na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, destacando a importância da organização e do monitoramento contínuo dos dados de consumo para a identificação de padrões e a formulação de estratégias de economia. A autora

também salienta a necessidade de sensibilização da comunidade acadêmica e de capacitação técnica para a consolidação de uma cultura institucional voltada à eficiência energética.

De forma complementar, Battistella (2021) realizou estudo na Universidade Federal de Santa Maria, com foco na análise do consumo energético em diferentes blocos acadêmicos. O autor aponta que práticas cotidianas pouco eficientes, aliadas à infraestrutura física defasada, resultam em elevado desperdício de energia, sobretudo em edifícios sem controle automatizado de iluminação e climatização. Ambos os estudos evidenciam a urgência de ações integradas para o enfrentamento dos desafios energéticos no contexto universitário.

2.2 USO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

As ferramentas de simulação computacional têm se destacado como instrumentos eficazes no diagnóstico energético de edificações, ao possibilitarem a avaliação de diferentes cenários de uso e intervenções sem a necessidade de alterações físicas imediatas. Alguns estudos têm demonstrado o potencial da modelagem energética como ferramenta de suporte à tomada de decisão no retrofit de edificações existentes. A utilização de softwares de simulação, como o EnergyPlus, permite avaliar cenários de desempenho térmico e energético a partir da inserção de dados específicos sobre a edificação e suas condições de operação. “Rosso (2023) realizou a simulação do desempenho termo energético de um edifício de laboratórios de uma universidade pública utilizando o software EnergyPlus, evidenciando o potencial da ferramenta para o diagnóstico de consumo energético e para a proposição de intervenções. O estudo reforça a importância da modelagem computacional como estratégia para embasar decisões de retrofit em edificações com infraestrutura obsoleta, especialmente no contexto das universidades públicas brasileiras.” A modelagem computacional revela-se, portanto, uma aliada estratégica em contextos de orçamento restrito, como os enfrentados pelas universidades públicas brasileiras. Ela permite a experimentação virtual de soluções e a análise comparativa entre alternativas, oferecendo dados concretos para subsidiar decisões de projeto e gestão.

2.3 ESTRATÉGIAS ESPECÍFICAS DE RETROFIT E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Além do diagnóstico, estudos recentes concentram-se na proposição e análise de estratégias específicas de retrofit voltadas à melhoria do desempenho energético em edificações existentes. Um exemplo é o estudo desenvolvido na Universidade do Vale do Taquari (LUME, s.d.), que simulou a aplicação de estratégias passivas e ativas em um prédio universitário em fase de projeto, por meio de modelagem 3D e simulações energéticas. Os resultados indicaram que intervenções como sombreamento, ventilação natural e materiais de alto desempenho térmico poderiam reduzir consideravelmente o consumo de energia, mantendo o conforto ambiental.

Outro trabalho relevante foi realizado na Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) e avaliou os impactos da substituição de lâmpadas fluorescentes por luminárias LED e da instalação de sensores de presença em ambientes universitários. A pesquisa evidenciou uma economia energética de até 40,35%, além da melhora nos níveis de iluminância nos espaços analisados. Tais estratégias reforçam a viabilidade técnica e econômica de intervenções pontuais, sobretudo em edificações onde modificações estruturais mais profundas não são viáveis (SILVA et al., 2022).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi de caráter exploratório e analítico, com enfoque na avaliação do desempenho energético de uma edificação existente por meio de modelagem computacional. O objeto de estudo foi o prédio da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e as etapas metodológicas foram divididas em quatro fases principais: (1) levantamento documental, (2) visitas técnicas, (3) sistematização dos dados e (4) modelagem computacional energética. Em cada uma dessas fases foram registradas as principais dificuldades encontradas. Na Tabela 1 são apresentadas as etapas do processo.

Etapa	Descrição	Instrumentos Utilizados
Levantamento Documental	Análise de plantas, cortes e documentos técnicos da edificação.	Arquivos gráficos disponibilizados pela UFRJ
Visitas técnicas e Análise de ocupação	Verificação in loco das condições do prédio, registros fotográficos e identificação de sistemas construtivos. Estudo de relatório contendo número de usuários e equipamentos por ambiente.	Câmera fotográfica, caderno de campo e análise de relatório interno de ocupação e uso
Sistematização de dados	Organização das informações em planilhas, divisão por blocos e ambientes, classificação por zonas.	Planilha Excel
Modelagem computacional	Construção do modelo 3D da edificação no software e simulação do desempenho energético.	Autodesk Revit e DesignBuilder

Tabela 1: Etapas metodológicas do estudo.

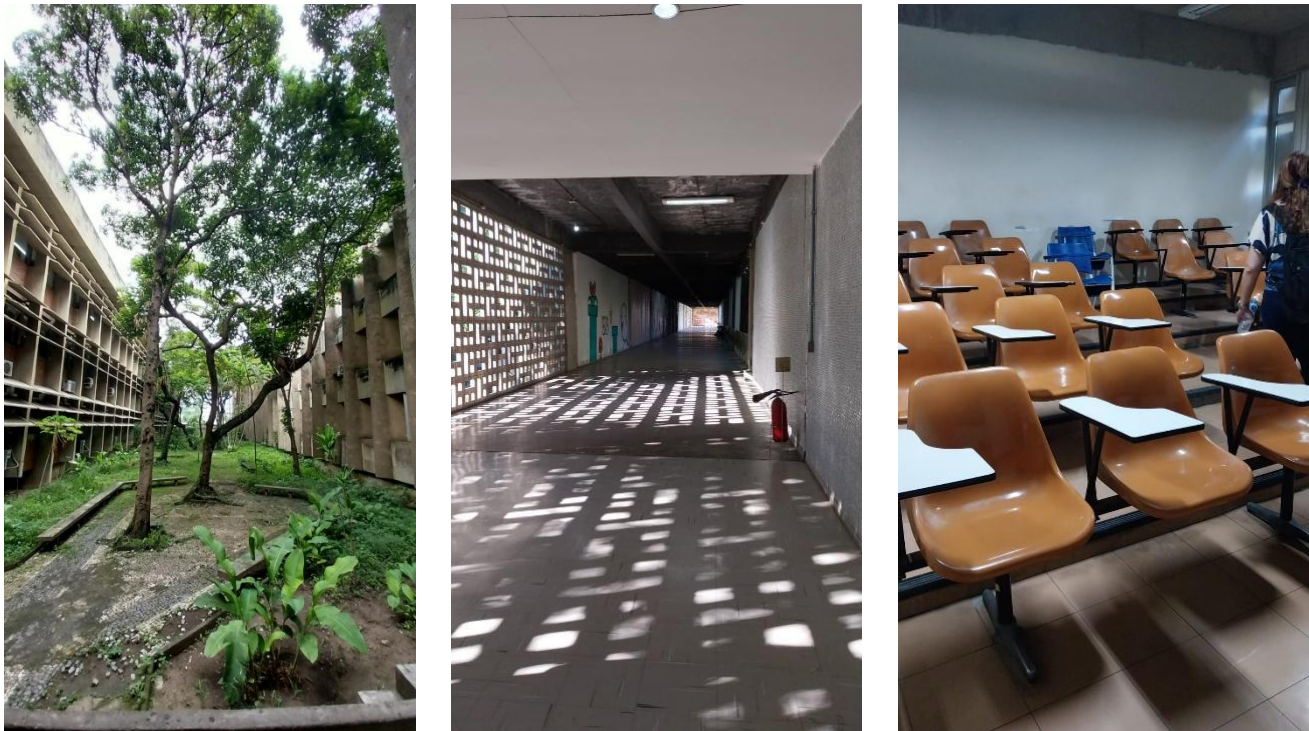
Inicialmente, foi realizada uma análise dos documentos técnicos da edificação, incluindo plantas arquitetônicas, cortes e demais arquivos gráficos disponibilizados pela universidade. Esses documentos forneceram as bases para o reconhecimento da organização espacial do edifício, suas dimensões, compartimentações internas e orientação solar.

Em seguida, procedeu-se à análise de um relatório institucional contendo informações sobre a ocupação dos ambientes, número de usuários por espaço e os principais equipamentos elétricos em uso. Esse relatório foi fundamental para estimar a densidade de carga térmica e o perfil de consumo energético por ambiente.

Complementarmente, foram realizadas visitas técnicas à edificação com o intuito de verificar in loco as condições reais de uso, identificar eventuais divergências entre os documentos e o estado atual do prédio e realizar registros fotográficos para auxiliar nas etapas posteriores, conforme apresentado na Figura 1. Essas visitas também permitiram o levantamento qualitativo dos sistemas construtivos presentes, como tipo de cobertura, pisos, vedações verticais e elementos de sombreamento.

Com base nas informações coletadas, os dados foram organizados em uma planilha específica, a fim de preparar o conteúdo a ser inserido nas ferramentas de simulação. A planilha foi estruturada de modo a refletir a divisão física da edificação em blocos, e cada bloco foi segmentado em ambientes distintos, classificados por zonas térmicas. Essa padronização teve como objetivo facilitar a inserção e comparação de dados, assegurando consistência na modelagem.

Para cada ambiente, foram descritas informações como área útil, densidade de ocupação (pessoas/m²), número de equipamentos, potência dos equipamentos (W), densidade de potência dos equipamentos (W/m²), número e tipo de lâmpadas, potência da iluminação (W) e densidade de potência da iluminação (W/m²). Também foram registrados os tipos de vidros presentes nos fechamentos e suas características.



(A)

(B)

(C)

Figura 1 – (A) Pátio interno. (B) Corredor. (C) Sala de Aula.
Fonte: Autores (2024).

Além disso, foi realizado um levantamento detalhado dos sistemas construtivos da edificação, com a identificação dos materiais constituintes, suas respectivas espessuras, condutividade térmica, massa específica e calor específico (com base na ABNT NBR 15220-2:2005). Esses dados são fundamentais para a simulação do comportamento térmico da edificação.

A etapa final consistiu na modelagem tridimensional da edificação primeiramente no software Autodesk Revit e posteriormente no software DesignBuilder, que utiliza o motor de simulação EnergyPlus para análise do desempenho termo energético. A modelagem permitiu avaliar o funcionamento atual do edifício e testar diferentes estratégias de intervenção, com o objetivo de propor soluções de otimização do consumo energético e melhoria do conforto térmico dos usuários, considerando as dificuldades e restrições existentes nesta tipologia e recursos limitados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do estudo, diversas dificuldades foram encontradas nas diferentes etapas do processo. Para facilitar a compreensão, as principais barreiras enfrentadas foram organizadas em quatro fases: levantamento documental, visitas técnicas, sistematização dos dados e modelagem computacional energética.

4.1 LEVANTAMENTO DOCUMENTAL

A primeira etapa contou com o levantamento dos documentos disponíveis sobre a edificação. Embora tenhamos tido acesso a plantas e registros anteriores, alguns dados estavam desatualizados ou não correspondiam à realidade atual do edifício. Foram identificadas incompatibilidades entre o que estava representado nos desenhos técnicos e o que foi observado posteriormente em campo. Um dos motivos para isto é o fato do prédio ser antigo e provavelmente ter sido realizadas reformas sem o registro adequado. Além disso, não havia registros claros sobre os equipamentos presentes nos ambientes, especialmente em relação às potências dos aparelhos

de climatização e iluminação, o que comprometeu a confiabilidade dos dados utilizados nas simulações.

Esse tipo de problema é recorrente em estudos voltados à eficiência energética em edificações existentes. Battistella (2021) destaca que a ausência de documentação atualizada é uma das maiores dificuldades enfrentadas por pesquisadores que trabalham com o diagnóstico energético em universidades públicas. De forma semelhante, Rosso (2023) aponta que a escassez de informações precisas sobre os sistemas prediais prejudica a etapa inicial de qualquer análise energética.

4.2 VISITAS TÉCNICAS

Para complementar os dados documentais, realizamos visitas técnicas ao prédio da Escola de Letras. Durante essas visitas, surgiram novos desafios. Algumas salas estavam trancadas ou inacessíveis, o que impediu a verificação completa de todos os ambientes. A grande extensão do prédio também tornou o processo demorado e exigente, uma vez que a quantidade de ambientes a ser inspecionada era significativa. Uma das dificuldades foi o levantamento das cores de cada fachada para se estipular os valores de absorção solar a serem inseridos no modelo computacional. Desta forma, foi realizada uma visita técnica e a produção de um mapa, conforme é apresentado na Figura 2.

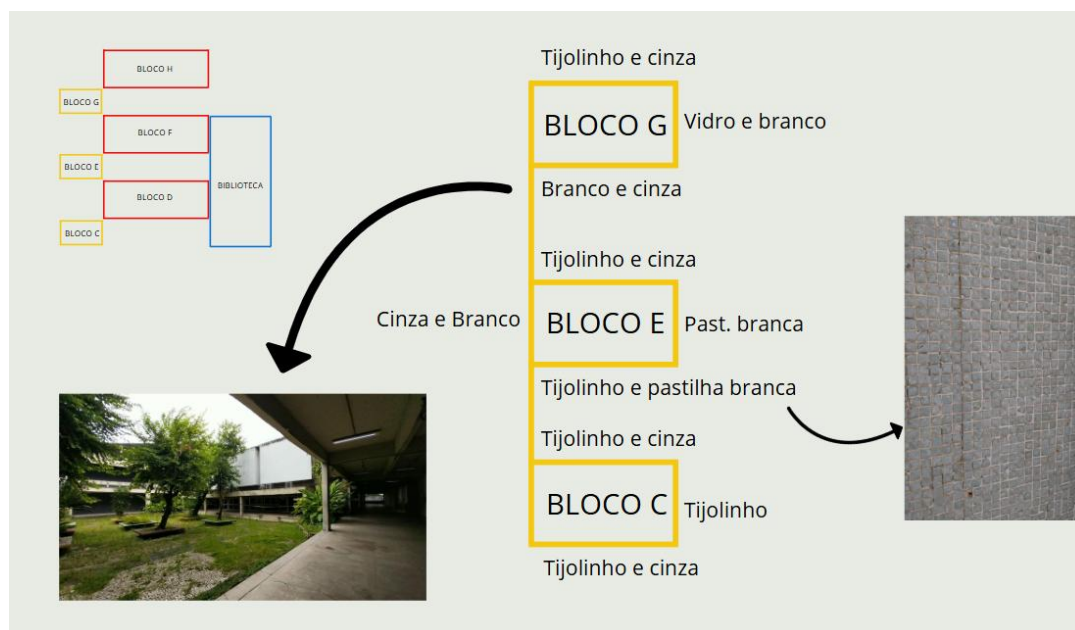


Figura 2 – Mapa de Fachadas.

Fonte: Autores (2024).

Essas barreiras também foram relatadas por Costa et al. (2023), que destacam que o tamanho dos edifícios universitários e a restrição de acesso a determinados espaços dificultam a obtenção de dados confiáveis, exigindo uma logística mais elaborada para que as informações possam ser coletadas de forma eficiente.

4.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Após a coleta, foi necessário organizar e sistematizar os dados para uso nos softwares de simulação. Esse processo também apresentou dificuldades, especialmente na verificação da consistência entre as informações obtidas por diferentes meios (documentos, observações em campo e registros fotográficos). A ausência de padronização nos dados disponíveis exigiu um trabalho extra de conferência e cruzamento de informações. Além disso, como nem todos os dados estavam completos, foi necessário recorrer a normas técnicas (principalmente a ABNT NBR 15220-

2:2005) e a valores de referência encontrados na literatura especializada (como o Manual do INI-C) para preencher as lacunas, o que pode impactar a precisão do modelo final.

4.4 MODELAGEM COMPUTACIONAL ENERGÉTICA

A etapa final foi a modelagem computacional energética do edifício, e aqui surgiram novos desafios. A própria complexidade geométrica da edificação, com múltiplos blocos, a existência de brises inclinados e diferentes orientações solares, exigiu um alto nível de detalhamento. A ausência de dados específicos sobre os materiais utilizados e os equipamentos instalados também limitou a fidelidade do modelo. Pelo tamanho do prédio, existe uma quantidade muito grande de equipamentos, que precisam ter seus dados, entre eles o de potência térmica incluídos no modelo. A solução encontrada foi adotar e padronizar valores de referências técnicas para os equipamentos do mesmo tipo (por exemplo, computadores, equipamentos de cozinha, entre outros).

Rosso (2023) aponta que, mesmo com ferramentas avançadas, a incerteza sobre os insumos inseridos no modelo pode afetar os resultados das simulações, especialmente em contextos em que os dados reais são escassos.

Apesar das dificuldades, o processo foi importante para identificar os principais gargalos enfrentados em estudos semelhantes e contribuiu para o aprimoramento das estratégias de levantamento e modelagem de edificações existentes. A experiência reforça a necessidade de integração entre diferentes fontes de dados e da adoção de tecnologias que possam facilitar e tornar mais preciso o processo de coleta de informações.

4.5 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

A etapa final foi a modelagem computacional energética do edifício, e aqui surgiram novos desafios. A própria complexidade geométrica da edificação, com múltiplos blocos, a existência de brises inclinados e diferentes orientações solares, exigiu um alto nível de detalhamento. A ausência de dados específicos sobre os materiais utilizados e os equipamentos instalados também limitou a fidelidade do modelo. Pelo tamanho do prédio, existe uma quantidade muito grande de equipamentos, que precisam ter seus dados, entre eles o de potência térmica incluídos no modelo. A solução encontrada foi adotar e padronizar valores de referências técnicas para os equipamentos do mesmo tipo (por exemplo, computadores, equipamentos de cozinha, entre outros).

Uma das principais melhorias identificadas durante o processo foi a necessidade de um sistema eficiente para o registro contínuo das modificações projetuais e dos equipamentos da edificação. Com a criação do modelo BIM (Building Information Modeling), apresentado na Figura 3, tornou-se possível centralizar e organizar todas as informações relativas à edificação em um único ambiente digital. Esse modelo não apenas reflete o estado atual do edifício, mas também serve como uma ferramenta dinâmica, capaz de ser atualizada sempre que houver alterações nos sistemas construtivos ou na instalação de novos equipamentos. A partir dessa abordagem, a gestão do prédio ganha em precisão e agilidade, permitindo que eventuais intervenções possam ser realizadas de forma mais informada e eficiente.

Além disso, a integração do modelo BIM com sistemas de gestão de manutenção e eficiência energética pode proporcionar uma melhoria significativa na administração do edifício. Equipamentos de climatização, iluminação e outros sistemas essenciais podem ser monitorados em tempo real, permitindo a identificação precoce de falhas ou necessidades de substituição. Essa integração não só contribui para a redução do consumo de energia e aumento do conforto térmico, mas também permite que os responsáveis pela gestão do prédio acompanhem o desempenho das intervenções de forma contínua, com base em dados reais e atualizados. Em longo prazo, o modelo BIM serve como um recurso valioso para otimizar a operação e a manutenção da edificação, gerando economias e melhorando a qualidade do ambiente para os usuários.

O registro contínuo e a alimentação do modelo BIM com novas informações refletem uma mudança importante na forma de lidar com a edificação. Ao contrário dos métodos tradicionais, onde as atualizações eram realizadas de forma fragmentada e manual, agora a digitalização dos processos

garante maior precisão e rapidez. Esse aprimoramento também facilita a futura replicação desse processo em outras edificações do Câmpus Universitário, estabelecendo um padrão de gestão eficiente e sustentável que pode ser adotado por toda a universidade, contribuindo para o desenvolvimento de um plano diretor de sustentabilidade mais robusto e eficaz.

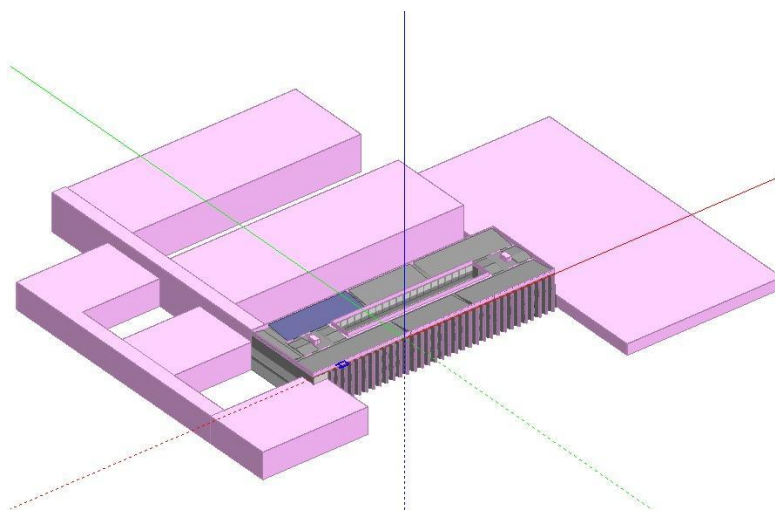


Figura 3 – Modelo Digital no software DesignBuilder.
Fonte: Autores (2025).

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo realizar o levantamento e a modelagem digital da Escola de Letras da UFRJ, a fim de subsidiar futuras decisões projetuais com foco na eficiência energética e na sustentabilidade do edifício. A partir da análise da documentação existente, da realização de visitas técnicas e da aplicação de ferramentas de simulação computacional, foi possível identificar desafios e propor soluções que contribuam para a qualificação da edificação.

O processo foi desenvolvido no contexto de uma parceria entre a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da UFRJ e o Fundo Verde da UFRJ. A iniciativa faz parte da construção de um Plano Diretor de Sustentabilidade para o edifício, com o intuito de orientar, ao longo dos próximos 10 a 15 anos, ações concretas voltadas à melhoria do desempenho ambiental do prédio. O estudo da Escola de Letras foi escolhido como caso-piloto, com a intenção de transformá-lo em uma referência replicável para outras edificações da universidade.

Além de identificar os principais entraves para o desenvolvimento de modelos digitais de edificações existentes, como a falta de dados precisos, dificuldades de acesso a espaços e inconsistências documentais, o trabalho também demonstrou o potencial de integração entre ensino, pesquisa e extensão. A atuação conjunta de discentes e docentes contribuiu para a construção de um diagnóstico aprofundado e para a proposição de medidas com impacto real, como a substituição dos equipamentos de climatização, a pintura das fachadas e a requalificação da cobertura com previsão para instalação de painéis fotovoltaicos e telhas termoacústicas.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância de estudos voltados à sustentabilidade no ambiente universitário e abrem caminho para a ampliação de ações semelhantes em outros edifícios da UFRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica e do atraso térmico.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BATTISTELLA, O. P. **Análise do consumo de energia elétrica de uma universidade pública no centro do Estado do Rio Grande do Sul. 2021.** Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22574> . Acesso em: 5 abr. 2025.

COSTA, J. P. da; SILVA, A. O. da; LIMA, F. S. de. Avaliação energética e proposição de soluções para eficiência energética de edifícios educacionais: estudo de caso na Universidade Federal de Goiás. **Revista Brasileira de Eficiência Energética**, v. 28, n. 3, p. 567-580, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/12345-6789>. Acesso em: 16 abr. 2025.

INI-C. **Manual do INI-C: Indicadores Nacionais de Inovação para a Construção Sustentável.** São Paulo: CTE – Centro de Tecnologia de Edificações, [s.d.].

LUME. Simulação computacional para eficiência energética de um edifício universitário em fase de projeto. **Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES.** [S.d.]. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/75843>. Acesso em: 5 abr. 2025.

PAIXÃO, M. F. B. da. **Sistema de gestão de energia em Universidades Federais Brasileiras: Um estudo de caso na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.** 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/33303>. Acesso em: 5 abr. 2025.

ROSSO, L. W. **Análise do desempenho termoenergético de uma edificação de laboratórios de uma universidade pública por meio do software EnergyPlus. 2023.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/riu/8499/1/Diogo%20de%20Oliveira%20de%20Rosso%20-%202023.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

SILVA, Welington Inácio da; ZOLA, Fernanda Cavicchioli; Piana, Janaina. Eficiência energética e sustentabilidade em universidades: um estudo de caso sobre economia e redução de emissões. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 2, p. 123-135, 2022. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/5489. Acesso em: 9 maio 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Fundo Verde da UFRJ pelo apoio institucional e financeiro, por meio da concessão de bolsa, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa e bolsa JCNE da FAPERJ concedida ao professor Lucas Caldas.