

HBIM para levantamento de arquitetura modernista: caso do CAIC Laguna

HBIM discussion for modern architecture survey: CAIC Laguna case

Paula Batistello(1); Fernando dos Santos Calvetti(2); Eduardo Nogueira Giovanni(3); João Vitor Bittencourt Pilati(4)

1 Doutora. Professora Adjunta no Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UDESC Laguna.

E-mail: paula.b@udesc.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8462-5440>

2 Doutor. Professor Adjunto no Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UDESC Laguna.

E-mail: fernando.calvetti@udesc.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1063-4491>

3 Doutor. Professor Adjunto no Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UDESC Laguna.

E-mail: eduardo.giovanni@udesc.br | ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5034-3531>

4 Estudante de Arquitetura e Urbanismo – UDESC Laguna.

E-mail: pilatijoao@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4772-8986>

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 14, n. 1, p. 27-43, janeiro-junho, 2025 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2025.v14i1.5014>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Resumo

O presente artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa que tem como objetivo realizar o levantamento e análise dos CAICs projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, mais conhecido como Lelé, no estado de Santa Catarina, com ênfase em uma unidade localizada no município de Laguna. A proposta desta pesquisa é contribuir para a discussão acerca da preservação e manutenção da arquitetura moderna no Brasil, enquanto patrimônio reconhecido e histórico de grande valia para o País. A metodologia para realizar a pesquisa se dá com abordagem qualitativa e caráter exploratório realizando estudo de caso e levantamento em campo. Para tanto, o artigo descreve o processo de levantamento da escola, desde a contextualização da tectônica de Lelé até a modelagem do edifício em software, visando uma documentação adequada com o uso de ferramenta BIM (Modelagem da Informação da Construção) e HBIM (traduzido como Modelagem da Informação de Edificações Históricas), utilizando aplicativos de scanner 3D disponibilizado gratuitamente em plataformas de smartphones. As conclusões apontam que levantamentos em BIM e HBIM para patrimônio podem ser grandes facilitadores na manutenção e gerenciamento, e agregam ainda a facilidade de aplicativos de scanner disponíveis em smartphones para ampliar a segurança e assertividade no levantamento das edificações.

Palavras-chave: CAIC; Lelé; HBIM.

Abstract

This article presents partial results of a research project aimed at conducting a survey and analysis of the CAICs (Integrated Center for Child and Adolescent Care), designed by the architect João Filgueiras Lima, commonly known as Lelé. The research primarily centers on the CAICs located in the state of Santa Catarina, south of Brazil, with a specific emphasis on a facility situated in the city of Laguna. The overarching goal of this study is to make a contribution to the ongoing discourse surrounding the preservation and upkeep of modern architecture in Brazil. The CAIC buildings are not only emblematic of the country's rich cultural and historical heritage but also exemplify the innovative spirit of Brazilian modernist architecture. The research methodology employed for this project is characterized by its qualitative and exploratory nature, encompassing a comprehensive case study and thorough on-site surveys. The article delineates the step-by-step process involved in surveying the school, commencing with the contextualization of Lelé's architectural principles and culminating in the digital modeling of the building through the use of Building Information Modeling (BIM) and Historic Building Information Modeling (HBIM). The application of 3D scanning tools, readily accessible on smartphone platforms, plays a pivotal role in ensuring accurate and secure data collection.

Keywords: CAIC; Lelé; HBIM.

1 Introdução

O presente artigo é resultado parcial de pesquisa que tem como objetivo levantar e analisar as implantações, patologias e modificações nos Centros de Atenção Integral à Criança (CAIC) localizados no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil, cujo projeto original foi desenhado pelo arquiteto João Filgueiras Lima, conhecido como Lelé. Este artigo tem como foco as etapas de levantamento e documentação utilizando ferramentas de Building Information Modeling (BIM), aliados a levantamentos in loco e por meio de apps de digitalização de objetos, do CAIC existente em Laguna, no litoral sul de Santa Catarina.

Os CAICs são estruturas arquitetônicas que foram projetadas com o intuito de serem implementadas em milhares de cidades do Brasil, em todas as regiões do país, para desempenhar um papel central no cuidado e desenvolvimento de crianças em situação de vulnerabilidade social. Lelé desenvolveu inovações significativas nos projetos das Escolas Transitórias de Abadiânia-GO, que foram aprimorados para o CAIC, incorporando desde o princípio, conceitos arquitetônicos modernistas. Esses espaços foram projetados para atender às necessidades das comunidades locais, oferecendo ambientes que se espera serem adequados para atividades educacionais, esportivas, culturais, recreativas, de saúde, nutrição e desenvolvimento comunitário.

O projeto arquitetônico dos CAICs é caracterizado por uma busca que é fundamental e cara à arquitetura moderna associada ao *International Style*. Buscou-se uma solução técnica e racional que prezasse pela funcionalidade do edifício, associada a um programa social de acesso universal, e uma eficiência construtiva, climática e de habitabilidade que, se esperava, fosse adaptável aos mais diversos climas e biomas. Além dos desafios naturais que uma empreitada dessa magnitude teria em um país com as dimensões e distintos contextos socioeconômicos do Brasil, a proposta de promover a interação social e o desenvolvimento integral das crianças apresenta desafios significativos, que aumentam em função de sua complexa gestão e, no caso dos edifícios, da necessária manutenção especializada.

No contexto de uma arquitetura composta por uma série de soluções integradas e elementos pré-moldados, em linguagem típica do Lelé, ganha importância a metodologia BIM e, mais especificamente, o HBIM (*Heritage Building Information Modeling* ou *Historic Building Information Modeling*). Tem sido cada vez mais adotada como uma ferramenta eficaz para otimizar o gerenciamento e a manutenção de edifícios, em alinhamento com os objetivos dessa pesquisa em relação aos CAICs. O BIM e o HBIM permitem a integração de informações de projeto, construção e operação dos edifícios, fornecendo uma visão abrangente e precisa da edificação, além de facilitar a gestão operacional, manutenção preventiva e corretiva, controle de custos e planejamento de intervenções futuras.

Em sequência, é apresentada uma breve revisão das discussões sobre os CAICs no contexto da análise dos princípios da arquitetura moderna, seguida de autores que discutem as possibilidades de utilização do BIM e HBIM na gestão e manutenção de edifícios. O artigo então traça o processo de levantamento do estudo de caso na cidade de Laguna, Santa Catarina. Os resultados da pesquisa apontam gargalos e desafios nesta experiência inicial, e as considerações finais discutem os próximos passos da pesquisa.

2 Referencial Teórico

A arquitetura moderna brasileira, marcada pelas obras de Lelé, especialmente no campo da arquitetura educacional, revela uma síntese entre os princípios do Estilo Internacional e as especificidades do contexto brasileiro. A partir do referencial teórico, busca-se articular fundamentos teóricos da arquitetura moderna com metodologias digitais de levantamento e modelagem, para compreender como a obra de Lelé pode ser preservada e valorizada como patrimônio arquitetônico e cultural.

2.1 A tectônica dos CAICs

É possível compreender a lógica arquitetônica de Lelé no contexto de sua formação, nas discussões do Estilo Internacional da arquitetura moderna. O Estilo Internacional é um movimento arquitetônico que surgiu no início do século XX, ganhando significativo destaque na arquitetura moderna. Caracterizado por uma abordagem minimalista, funcional e universal, o Estilo Internacional representou um afastamento das formas arquitetônicas tradicionais, buscando uma linguagem arquitetônica global e atemporal (Benevolo, 2004; Curtis, 2008).

Baseado nos princípios de simplicidade, racionalidade e eficiência, o Estilo Internacional enfatizava a forma seguindo a função, os espaços abertos, a ausência de ornamentação e o uso de materiais industriais como vidro, aço e concreto. Esta abordagem proporcionou uma estética limpa e sem adornos, promovendo uma sensação de modernidade e progresso. Compreendendo este contexto cultural, é compreensível incluir Lelé neste estilo, embora deva ser destacado que o arquiteto marcou uma perspectiva adaptada e inovadora, combinando elementos do Estilo Internacional com as características e exigências específicas do país.

Assim, os CAICs, maior contribuição de Lelé no campo da educação, podem ser considerados uma manifestação da lógica do Estilo Internacional, adaptada ao contexto brasileiro e às demandas específicas da educação. Estes projetos foram concebidos como espaços multifuncionais que visam integrar diferentes serviços e promover o desenvolvimento educacional e social nas comunidades.

O projeto precursor desta tipologia pode ser considerado a Escola Transitória, desenvolvida em Abadiânia-GO, ainda na década de 1960 (Latorraca, 2000). A escola

serviu de ponto de partida para a abordagem tectônica de Lelé com a utilização de elementos industrializados, mas montados *in loco* pelas comunidades.

A escola transitória de Abadiânia foi idealizada por Lelé na década de 1960 em resposta à necessidade de criação de espaços educacionais temporários para atender a demanda da população local. Lelé desenvolveu uma estrutura modular e flexível que poderia ser facilmente montada e desmontada, permitindo que a escola se adaptasse às mudanças demográficas e às necessidades da comunidade.

Embora o projeto CAIC tenha se expandido para todas as regiões do país, o número de unidades implementadas ficou aquém do projeto inicial, que visava estabelecer milhares de escolas em praticamente todos os municípios brasileiros. Atualmente, os maiores desafios relacionados aos CAICs são a sua documentação, pois muitos sofreram adaptações de projeto contemporâneo, e sua manutenção, devido à falta de compreensão da lógica tectônica que gerou as edificações (Melo, 2019[1]; 2019[2]; Pereira, 2019).

2.2 HBIM

De acordo com Yang *et al.* (2020), o BIM foi originalmente utilizado para gerenciar o processo de construção ao longo do ciclo de vida na indústria arquitetônica. Isso reforça que, além de servir simplesmente como modelagem de informações da construção, ou mesmo como ferramenta de projeto ou elaboração, o BIM possibilita o processo *as-built*, contribuindo também para a preservação das informações das características da construção. No entanto, Cavalcanti Neto e Amorin (2006), apontam que muitos projetos ainda são desenvolvidos com a mesma metodologia utilizada antes dos avanços nas tecnologias digitais, utilizando softwares como simples editor de desenhos.

Nos edifícios do patrimônio histórico, o levantamento detalhado, a digitalização e a tradução da informação dos elementos do edifício para formatos digitais são extremamente importantes para a sua conservação, manutenção ou restauro. É nessa busca que o HBIM traz resultados e facilitação. De acordo com Yang *et al.*, (2020), o HBIM é adequado para recriar um edifício histórico a partir de dados descritivos existentes, cada vez mais utilizado para restaurar, modelar e gerenciar construções e estruturas históricas existentes usando dados de registro baseados na realidade.

Segundo Ruiz *et al.* (2023), a necessidade de documentar o histórico de mudanças e atualizações nos edifícios surge das renovações, ampliações e modificações que sofrem ao longo da sua vida, o que falta a muitos edifícios históricos num contexto histórico. No caso dos CAICs, apesar de serem construídos em tempos de algumas tecnologias existentes, os projetos não são facilmente encontrados e raramente estão disponíveis em suas localidades em todo o Brasil. Ruiz *et al.* (2023) afirmam que nos últimos anos, os avanços tecnológicos na captura da realidade, aliados aos softwares de modelagem, proporcionam benefícios para a gestão da construção. Mais

especificamente, o BIM serve como fonte de informações e armazenamento de dados importantes para a construção de inventários.

Segundo Oliveira, Sousa e Correa (2023), tem havido um movimento no campo da modelagem de informações de edifícios históricos em direção a representações que podem ser entendidas como gêmeos digitais de estruturas reais, com a intenção de monitorar, prever ou gerenciar comportamentos em edifícios. Através de uma revisão sistemática realizada por Silva e Cuperschmid (2022), publicações e estudos sobre o uso do HBIM documentando danos e patologias, pesquisando gestão de projetos de intervenção, gestão de projetos de restauração e conservação, ou mesmo modelagem HBIM (itens relevantes para esta pesquisa) já foram estudado, investigado ou descrito por 24 autores entre 2015 e 2019. Porém, ainda pode ser observado um uso experimental do HBIM, exacerbado por discussões de metodologias e ferramentas complementares no processo de recuperação de informação.

Hoje, a utilização generalizada de ferramentas e técnicas de levantamento precisas permite obter um nível adequado de informação relativa aos edifícios, como se viu no caso da Basílica de Santa Maria di Collemaggio, gravemente danificada por um terremoto em 2009, conforme descrito por Oreni *et al.* (2017). Segundo o autor, a decisão de reconstruir a Basílica em BIM foi tomada devido ao potencial que esta ferramenta oferece para planejar e avaliar todo o processo de conhecimento e conservação de um edifício histórico, bem como para a sua futura gestão e manutenção. Isso indica e reforça o potencial da metodologia BIM voltado ao uso no patrimônio, para manutenção do mesmo.

Sabe-se também que a metodologia de projeto BIM permite o trabalho colaborativo e a interoperabilidade entre diferentes softwares para que as informações possam ser complementadas e o planejamento futuro possa ser realizado. Seja em quantidades de materiais, cronogramas de execução físico-financeira ou manutenção predial, os projetos BIM trazem agilidade, rapidez e maior precisão. Segundo Queiróz, *et al.* (2015), essa abordagem de projeto digital permite benefícios para a sociedade quando propõe a idealização de projetos mais eficientes, e, utilizando o software Revit, é possível a criação e desenvolvimento de modelos com edificações *as built*, com modelo digital fiel (gêmeo) ao construído.

No que diz respeito à preservação do patrimônio histórico, como Canuto, Moura e Salgado, (2016) afirmam que técnicas como a fotogrametria e o escaneamento a laser 3D podem auxiliar na geração de novos dados, auxiliando não só na preservação, mas também na recuperação de informações de projeto para edifícios cujos registros foram perdidos no tempo. Assim, fica evidente a importância de discutir e explorar novas possibilidades tecnológicas aplicadas à preservação do patrimônio histórico. Essas técnicas, aliadas à modelagem BIM, denominada HBIM, podem gerar uma biblioteca de elementos paramétricos e semânticos que, no caso dos CAICs, podem

facilitar muito o compartilhamento de informações nas diferentes cidades onde foram implementados, visando um plano de manutenção para esta arquitetura, essencial para o patrimônio moderno do país. Ludwig *et al.* (2013), também enfatizam que o uso de bibliotecas de componentes predefinidos facilita o trabalho colaborativo em equipe, reforçando o que foi discutido anteriormente, permitindo que vários especialistas trabalhem simultaneamente em um projeto de reconstrução.

De acordo com Yang *et al.* (2020), o modelo BIM não é apenas uma representação virtual da construção, mas uma parte vital do projeto, onde diferentes elementos da construção se tornam objetos avançados com inteligência paramétrica, incluindo descrições quantitativas e qualitativas e informações de relacionamento rigoroso. Além disso, segundo os autores, o HBIM permite o armazenamento e conexão de modificações de informações, onde os elementos podem ser modificados alterando parâmetros enquanto suas relações com outros objetos permanecem inalteradas.

No caso específico do edifício considerado nesta investigação, a utilização de software BIM permite não só a parametrização de peças com formas semelhantes a serem reproduzidas múltiplas vezes, como também permite o mapeamento de patologias e necessidades de manutenção. A utilização do levantamento baseado nas medições do próprio edifício com apoio de imagens e scanners laser 3D, mesmo sem possuir o projeto arquitetônico físico ou quaisquer dados descritivos do edifício, garante a autenticidade das informações e um modelo gêmeo digital da estrutura real.

Portanto, segundo Yang *et al.*, 2020, um projeto HBIM precisa organizar o protocolo criado de forma simultânea ou interativa, analisando dados com base na documentação e na realidade. Segundo Fai e Rafeiro, 2014, os níveis de detalhe (LoD) também precisam ser pré-estabelecidos para um bom levantamento, embora nem todos os elementos exijam o mesmo nível de detalhe. No processo de levantamento do CAIC/Laguna, a metodologia de levantamento explicada a seguir foi realizada de forma experimental, principalmente trabalhando com scanners de baixa precisão fornecidos por aplicativos móveis, que ainda assim produziram resultados positivos como facilitadores do processo.

3 Metodologia

A experiência em questão foi realizada com abordagem qualitativa, exploratória e iterativa, envolvendo coleta de dados in loco. Segundo Marconi e Lakatos (2022), a pesquisa exploratória permite a coleta de dados e se caracteriza por levantamentos de campo. Originou-se de uma necessidade identificada pelo Ministério Público de Santa Catarina (MP-SC) como parte de um processo de atualização dos registros do município relativos ao CAIC e alinhá-los às normas vigentes de acessibilidade, segurança e saneamento. A iniciativa, portanto, partiu de uma exigência do MP-SC,

levando o município de Laguna, SC a firmar parceria com a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Por meio dessa colaboração, três estagiários, alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo, foram contratados para realizar diversos levantamentos em escolas, inclusive no CAIC. A pesquisa do CAIC foi a última e, por isso, seguiu uma metodologia mais estruturada, com duração aproximada de 5 meses, com início em julho de 2022 e conclusão em dezembro do mesmo ano.

O uso de ferramenta BIM para modelagem e representação técnica das pranchas do CAIC foi incentivada pelo município para a realização do levantamento. Esta decisão é baseada no Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM. Além disso, o Decreto nº 10.306 de 02 de abril de 2020, que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, evidencia a necessidade de adequação dos órgãos da administração pública para o uso desta ferramenta na execução e gerenciamento de obras.

A intenção inicial era seguir a metodologia de levantamento utilizada em escolas anteriores, desenvolvida pela equipe para construções de alvenaria convencional caracterizadas por medidas irregulares e uma margem de erro construtiva considerável. O método envolveu iniciar pelas extremidades do edifício, ancorar uma medida em outra e criar uma rede de pontos conhecidos. Dessa forma, tanto o interior quanto o exterior foram medidos simultaneamente, com medidas adjacentes verificadas para identificar divergências.

No período de preparação e estudo anterior às visitas ao CAIC, ficou evidente que deveria ser seguida uma nova abordagem de levantamento, por se tratar de um sistema pré-fabricado uniforme. Fez-se então, necessário levantar a edificação pela mesma lógica que esta foi construída; a partir de cada peça que compunha os diferentes módulos. E foi neste ponto que o processo se mostrou iterativo, utilizando as aplicações da metodologia já explorada, e verificando-se a necessidade de uma nova abordagem para esta edificação.

Essa nova abordagem foi estruturada para ir além do simples levantamento com trenas e anotações manuais. Com o objetivo de otimizar e qualificar o processo de coleta de dados, adotou-se o uso da fotogrametria de curta distância, aliada a tecnologias acessíveis por meio de smartphones. Para isso, foi utilizado um scanner digital baseado em aplicativo, com geração de nuvem de pontos a partir de sensores LiDAR, processados pelo aplicativo *Polycam – LiDAR & 3D Scanner (2022)*. Essa metodologia permitiu maior precisão nas medições e agilidade na obtenção das informações espaciais necessárias ao estudo.

Com esta estrutura metodológica, tornou-se imprescindível que o processo de modelagem BIM ocorresse paralelamente ao processo de levantamento. Esta

interdependência permitiu a correção de potenciais erros e forneceu orientações sobre como proceder, identificando componentes faltantes e áreas que necessitam de revisão. Isto reforçou a natureza iterativa e rica em feedback da informação. A rotina semanal da equipe normalmente envolvia um dia de trabalho de campo e quatro dias de processamento de informações.

4 Discussão

4.1 O processo de levantamento

Os bolsistas tiveram acesso a apenas uma planta desenhada em 2007; portanto, devido à falta de acesso aos documentos originais do projeto (plantas, cortes, alçados, detalhes, etc.), o levantamento apresentou alguns desafios. A principal dificuldade residia na obtenção de medidas precisas de todas as dimensões de cada peça, principalmente de suas seções e juntas. Além de perfis muito específicos e espessuras distintas, alguns deles apresentavam peças de difícil acesso durante a montagem, tornando mais desafiadora a tarefa de medir os pontos de encontro entre as peças. Estes desafios sublinham a necessidade de a documentação do levantamento do patrimônio histórico, bem como de qualquer outro edifício existente, ser digital, tornando-os mais acessíveis. Corroborando, Arayici (2008), diz que uma das maiores limitações que ocorrem atualmente é a integração das informações, sendo tão importante ter os dados, quanto a sua disponibilização em formato digital, já que a maior parte das informações até o presente ficaram em formato de papel.

Por conta disso, além dos croquis obtidos por meio de medições com trena convencional e a laser, que serviram posteriormente, como base para a modelagem, buscou-se auxílio de outras ferramentas digitais. Segundo Cintra e Gonçalves (2019), a fotogrametria de curta distância vem sendo utilizada desde a década de 60, em especial para construir réplicas e modelar peças e objetos de museu, já as tecnologias conhecidas como Laser Scanner 3D (LS3D) utilizam fontes laser para realizar medições remotas, sem contato, gerando informações digitais sobre o objeto possibilitando assim documentação, criação de maquetes eletrônicas e físicas e reconstrução digital de peças que por algum problema tenham sido danificadas. Isso evidencia que o conceito de captura da realidade não é tão recente. Segundo Alves, Veiga e Medina (2022), a varredura a laser para obter o tratamento e obtenção de informações a partir de um volume de dados com a coleta de milhares de pontos por segundo, é possível a partir do emprego de equipamentos de lasers scanner terrestre (LST), e isso se conecta as possibilidades de modelagem em BIM.

No caso deste levantamento, e na falta de um scanner apropriado (LS3D ou LST), optou-se por explorar os benefícios de um aplicativo de fácil obtenção e acessível,

pois está disponível para aparelhos telefônicos móveis com sistemas operacionais android ou iOS, e ainda para plataformas web, o Polycam- LiDAR & 3D Scanner. Com ele é possível digitalizar ambientes em três dimensões e é direcionado para empreiteiros, arquitetos e designers. No entanto, um ponto negativo é a disponibilidade de manipulação de algumas extensões que permitem a associação com softwares BIM, somente para versões pagas.

Portanto, apesar de suas limitações, optou-se por utilizar a versão gratuita do aplicativo, uma vez que medições in loco eram possíveis e permitidas. O foco principal foi utilizar o scanner para verificação e confirmação de dimensões sem a necessidade de retornar frequentemente ao local da pesquisa. Para registro, medição, auxílio no desenvolvimento do modelo e melhor visualização, foi utilizado um levantamento de nuvem de pontos com sensores LiDAR processados pelo referido aplicativo. Além disso, fotos e vídeos digitais (Figura 1) foram capturados por meio de um celular *Apple iPhone 12Pro*, uma tecnologia relativamente nova no mundo dos scanners 3D com muitas possibilidades acessíveis para HBIM. Essas tecnologias se mostraram fundamentais para trazer realidade ao escritório, permitindo que pequenos trechos do sistema fossem escaneados em diversas ocasiões e levados para análise posterior, possibilitando a criação de cortes, rotações e visualização em 360 graus. Nesse sentido, a digitalização dos componentes por meio de um simples aplicativo móvel agregou valor significativo ao processo ao fornecer resultados reais em verificações e medições.

Figura 1. Componentes digitalizados em 3D no aplicativo Polycam e fotografias do CAIC/Laguna



Fonte: Autores, 2023.

Uma vez que o sistema foi entendido, partiu-se para catalogação das peças e dos módulos de cada bloco. Segundo Latorraca (2000), há mais de 200 peças de argamassa armada produzidas para o projeto dos CAICs. Não foram todas identificadas, por opção, devido as dificuldades, necessidades e prazos estabelecido pela prefeitura, por pensar no sistema como um todo. Dando atenção as dimensões gerais e seus encaixes e deixando de lado pequenas variações entre peças do mesmo tipo. No entanto, a lógica de modelagem, que será explicada em detalhes no capítulo seguinte, permite continuar detalhadamente o levantamento de maneira simplificada.

Além disso, não foram encontradas informações mais específicas sobre se essas 200 peças estão presentes em todos os CAICs ou se são algo como um catálogo que pode variar de acordo com as necessidades do local designado.

Os módulos CAIC diferem de acordo com cada bloco, originalmente proposto com base em suas funções. No CAIC Laguna são denominados: Creche, PETI e Universidade/Escola. No plano original, pretendiam servir múltiplas atividades comunitárias e dar apoio ao seu entorno. Porém, ao longo do tempo, ocorreram mudanças relacionadas à gestão e à ocupação, resultando em um uso atual diferente daquele proposto no programa inicial (Tabela 1).

Tabela 1. Utilizações de acordo com cada bloco

Bloquear	Usar	Chão	Área (m²)	Número
Creche	Administração	Térreo	49,56	3
Creche	Banheiro	Térreo	56,04	9
Creche	Depósito	Térreo	4,02	1
Creche	Sala de aula	Térreo	1.055,71	16
Creche	Serviço	Térreo	89,36	3
Creche			1254,69	32
PETI	Administração	Térreo	66,81	2
PETI	Auditório	Térreo	216,00	3
PETI	Banheiro	Térreo	21,63	10
PETI	Circulação	Térreo	111,91	2
PETI	Depósito	Térreo	71,67	6
PETI	Refeitório	Térreo	150,64	2
	PETI	Térreo	400,66	9
PETI			1039,32	34
Escola	Administração	Térreo	84,91	4
Escola	Banheiro	Térreo	93,47	30
Escola	Biblioteca	Térreo	30,00	1
Escola	Circulação	Térreo	164,96	1
Escola	Depósito	Térreo	32,66	3

Bloquear	Usar	Chão	Área (m²)	Número
Escola	Refeitório	Térreo	197,11	3
Escola	Sala de aula	Térreo	195,87	5
Escola	Serviço	Térreo	40,70	3
Escola			839,68	50
Escola	Administração	2º	11,48	1
Escola	Banheiro	2º	41,45	8
Escola	Biblioteca	2º	35,29	1
Escola	Circulação	2º	124,36	1
Escola	Depósito	2º	5,59	1
Escola	Sala de aula	2º	470,69	12
Escola	Serviço	2º	60,26	1
Escola			749,13	25
	Total geral		3882,82	141

Fonte: Autores, 2024.

4.2 O processo de modelagem

Conforme o processo do levantamento, os croquis cotados feitos à mão e as anotações foram convertidos em desenhos 2D digitais e vinculados ao um arquivo do software Autodesk Revit, (versão 2022.1.3), principal. Esse procedimento possibilitou a modelagem 3D com base confiável e permitindo a atualização frequente do desenho 2D.

A equipe adotou uma abordagem dividida em duas frentes: uma equipe dedicada às dimensões gerais dos ambientes, layout e localização do edifício no terreno; enquanto a outra se concentrou no desenvolvimento da modulação e catalogação das peças. Por meio do uso de tabelas de esquadrias e componentes, foram identificados os diversos elementos construtivos e foram atribuídos códigos a eles, empregados simultaneamente durante o levantamento.

Além de lidar com a variação dos elementos originalmente distintos, também foi necessário identificar as modificações posteriores sofridas, como a aplicação de pisos cerâmicos sobre o piso original de concreto armado polido, a inserção de novas paredes, janelas, entre outras intervenções.

Alguns elementos pré-fabricados tiveram uma abordagem especial - pilares, vigas, coberturas e fechamentos - com auxílio de aplicativos de scanners 3D e fotografias, e foram modelados individualmente como famílias (.rfa) com parâmetros de tipo parametrizados. A família no Revit é um grupo de elementos que possui propriedades de tipo, iguais para todos os objetos do mesmo tipo e propriedades de instância, próprias da instância inserida o projeto, que podem variar de um objeto para o outro (Campos Netto, 2016). Ainda, conforme coloca a autora, cada família, pertence a

categorias ou classes que são os elementos construtivos (paredes, vigas, pilares, etc.) ou objetos de anotação de desenho (texto, cotas, símbolos...).

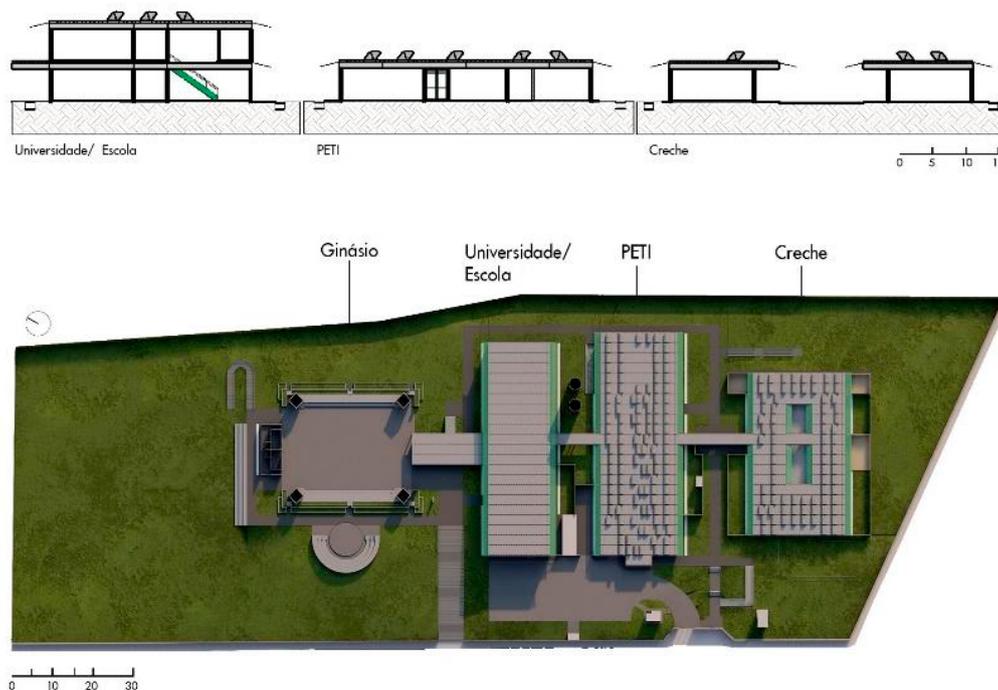
Para a modelagem dos pisos, tanto o original quanto das intervenções posteriores, optou-se por usar a ferramenta padrão do Revit, mesmo o piso do CAIC sendo também uma peça pré-fabricada, assim como as demais, pela praticidade, foi usado a ferramenta mais convencional e inseriu-se a modulação como hachura. Entretanto, se fosse de interesse, nada impediria que fossem modelados na mesma lógica dos demais elementos.

As famílias foram modeladas utilizando método de extrusão, baseadas ano perfil levantado. Uma vez que se obtém a volumetria base, são feitas adições e subtrações para chegar à modelagem desejada.

A parametrização das famílias permite a amarração de elementos à *inputs* variáveis, estes chamados parâmetros. Assim, é possível criar apenas uma família para cada elemento e a partir dele criar diferentes tipos, que englobam todas as variações deste elemento presentes no projeto. A partir dessa família base é possível colocar no modelo, um objeto e obter diversas variações de forma rápida, conforme catalogado os diferentes tipos de peças.

Tal flexibilidade permitiu modelar cada um dos blocos, com suas tipologias distintas que variam em vãos e conjuntos de elementos. As Janelas e portas variam em dimensão e número de folhas, vigas em dimensão e presença ou não de calha, pilares em presença ou não de tubo de queda e os sheds em sua ausência e orientação. O corte esquemático (Figura 3) demonstra as relações de cada bloco, além dos diferentes tamanhos de vão, presença ou não de balanço e alturas.

Figura 2. Diferentes módulos de acordo com a utilização de cada bloco



Fonte: Autores, 2023.

5 Conclusões

A arquitetura histórica, muitas vezes caracterizada por designs complexos e únicos, pode apresentar desafios consideráveis quando se trata de documentá-los e mantê-los. Isto é particularmente verdadeiro no contexto da arquitetura moderna brasileira, exemplificada por estruturas como o CAIC pelo renomado arquiteto Lelé. Ao contrário dos detalhes ornamentados encontrados em edifícios neoclássicos e ecléticos, estas obras arquitetônicas modernas são frequentemente caracterizadas por elementos pré-fabricados e designs simplificados, tornando a criação de um modelo de gêmeo digital uma solução viável e prática.

O processo de levantamento e modelagem do CAIC Laguna evidencia a complexidade envolvida na documentação de edificações pré-fabricadas com histórico de modificações e uso diversificado ao longo do tempo. A ausência de documentação original completa e a limitação de tempo e recursos impuseram desafios significativos, que foram enfrentados com soluções criativas e tecnológicas, como o uso de aplicativos móveis de escaneamento 3D e a modelagem paramétrica em software BIM.

Um modelo de gêmeo digital, construído usando software BIM, fornece uma base robusta para a preservação e manutenção desses exemplares arquitetônicos. Ao integrar informações autênticas durante o processo de modelagem, esta abordagem pode gerar documentação abrangente que serve como base para manutenção, reparo e planejamento futuro. O princípio fundamental do BIM reside na sua ênfase em todo o ciclo de vida de um edifício, ultrapassando a mera modelação tridimensional. Ele permite que os usuários acessem, visualizem e reutilizem informações críticas, transformando essas réplicas digitais em referências valiosas para estruturas CAIC semelhantes em todo o Brasil. Neste caso, não seria somente um modelo de projeto digital completo para ser utilizado como construído, mas para fazer gerenciamento de estruturas considerando seus usos após.

Além disso, o estudo evidenciou o papel fundamental desempenhado pelas tecnologias avançadas de levantamento no contexto contemporâneo. A utilização de scanners 3D por meio de aplicativos móveis representa uma inovação significativa no gerenciamento do patrimônio, ao simplificar a criação de modelos digitais gêmeos. Esses modelos permitem a identificação mais precisa de elementos que demandam manutenção, viabilizando ações de preservação que respeitam e mantêm a autenticidade do projeto arquitetônico original.

A modelagem em BIM, aliada à digitalização por meio de simples scanners de smartphones e registros fotográficos, demonstrou ser uma ferramenta poderosa não apenas para representação gráfica, mas também para análise crítica das transformações sofridas pelo edifício e ainda, a identificação de intervenções posteriores, como alterações de piso e inserção de novos elementos, reforça a importância de uma

abordagem que vá além da simples reprodução formal, incorporando também a leitura histórica e funcional da edificação.

Considera-se, ainda, que o aplicativo utilizado na experiência foi uma versão gratuita, a qual, embora limitada, demonstrou-se eficaz para os objetivos propostos. Ressalta-se que versões mais avançadas, disponibilizadas pelo mesmo desenvolvedor, oferecem funcionalidades adicionais que poderiam facilitar ainda mais o processo de levantamento, como a extração direta de dimensões a partir das imagens geradas. No contexto deste experimento, as imagens obtidas contribuíram principalmente para a compreensão visual das peças e para o dimensionamento proporcional, com base em medidas previamente coletadas por meio de trena.

Em resumo, o próximo passo lógico neste processo envolve extrair dados do modelo gêmeo digital e integrá-los ao software de gerenciamento de projetos e construção. O foco principal deste esforço é facilitar a manutenção contínua e prolongar o ciclo de vida destas estruturas arquitetônicas icônicas. Esta abordagem não é apenas uma prova da adaptabilidade do BIM na preservação do patrimônio histórico, mas também uma porta de entrada para um futuro mais sustentável para estes tesouros arquitetônicos.

Por fim, o trabalho destaca a relevância de democratizar o acesso a tecnologias digitais no campo da arquitetura e do patrimônio. A utilização de ferramentas acessíveis, mesmo com limitações, mostrou-se eficaz e viável, especialmente em contextos com restrições orçamentárias. A experiência do CAIC Laguna serve como exemplo de como a combinação entre métodos tradicionais e recursos tecnológicos pode resultar em levantamentos precisos, flexíveis e com potencial de continuidade, contribuindo para a valorização e preservação do patrimônio construído.

De todo modo, para além das etapas subsequentes deste processo, trabalhos futuros poderão ser desenvolvidos com base em experimentações utilizando as versões pagas do aplicativo mencionado. Tais versões oferecem recursos adicionais que podem ampliar a eficiência dos levantamentos do patrimônio edificado, contribuindo para a difusão de metodologias acessíveis e para o aprimoramento das práticas de conservação e manutenção.

Referências

- ALVES, S. de S. O.; VEIGA, L. A. K.; MEDINA, A. S. Avaliação da qualidade posicional de varreduras laser terrestre para aplicações em arquitetura. *PARC Pesq. Em Arquit. E Constr.*, Campinas, SP, v. 13, p. e022012, 2022. <https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8659734>
- ARAYICI, Y. Towards building information modelling for existing structures. *Structural Survey*, Vol. 26 No. 3, 2008, pp. 210-222. <https://doi.org/10.1108/02630800810887108>
- AUTODESK Revit. Versão 2022.1.3 [s.l.]. Autodesk Company.

- BENEVOLO, L. *A História da Arquitetura Moderna*. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2004. 813 p.
- CAMPOS NETTO, C. *Autodesk Revit Architecture 2016: conceitos e aplicações*. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2016. 464 p.
- CINTRA, J. P.; GONÇALES, R.. Aplicações das tecnologias Laser Scan e aerofotogrametria por drone para museus. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, v. 27, p. e25d1, 2019.
- CANUTO, C; MOURA, L; SALGADO, M. Digital Technologies and Perservation of Architectural Heritage: exploring alternatives. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456>. Acesso em: 21 junho 2023. <https://doi.org/10.20396/parc.v7i4.8647456>.
- CAVALCANTI NETO, J. R.; AMORIM, A. L. Simulação Digital: Modelos Digitais Fotorrealísticos no Mapeamento e Quantificação de Patologias em Projetos de Restauração. In: *Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*, 10., 2006, Santiago. Proceedings[...]. Santiago: SIGRADI, 2006.
- CURTIS, William J. R. *Arquitetura moderna desde 1900*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 736 p. ISBN 9788577800810 (broch.).
- LATORRACA, G. João Filgueiras Lima, Lelé. *Série Arquitetos Brasileiros*, São Paulo, Blau, Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 2000.
- FAI, S.; RAFEIRO, J. Establishing an Appropriate Level of Detail (LoD) for a Building Information Modeling (BIM) - West Block, Parliament Hill, Ottawa, Canada. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Rival del Garda, Italy, v. II-5, 2014, p. 123-130.
- LUDWIG, M; HERBST, G; RIEKE-ZAPP, D; ROSENBAUER, R; RUTISHAUSER, S; ZELLWEGER, A. The Advantages of Parametric Modeling for the Reconstruction of Historic Buildings. The example of the in war destroyed church of St. Catherine (Katharinenkirche) in Nuremberg, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-5/W1, 2013, p. 161-165, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-161-2013>.
- MARCONI, M; LAKATOS, E. *Metodologia Científica*. Barueri: Atlas, 2022. E-book. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 19 jul. 2023.
- MELO, A. *Fábrica e invenção*. A conservação da obra do CAIC em Campina Grande. Paraíba. Belo Horizonte: Icomos Brasil. 2019 [1]
- MELO, A. *Patrimônio tecnológico da construção civil: a tectônica da pré-fabricação na arquitetura de João Filgueiras Lima e o trabalho precursor da escola transitória/ modelo rural*, em Abadiânia. Goiás. 1984. Gijón: XXI Jornadas Europeias de patrimônio industrial. 2019 [2].
- MELO, A; PEREIRA, I; SIMÕES, M. Levantamento com laser scanner para documentação do patrimônio moderno: O caso do bloco CM. UFCG. *Patrimônio 4.0: conectando dimensões da realidade* – UFG – Goiânia/GO, março de 2022.

OLIVEIRA, N; SOUSA, M; CORREA, F. R. Towards digital twins for heritage buildings: A workflow proposal. *International Journal of Architectural Computing*. 2023. doi: <https://doi.org/10.1177/14780771231168226>

PEREIRA, I. Notas sobre métodos para a pesquisa arquitetônica patrimonial. *Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 4, n. 3, p. 54-70, 12 dez. 2019.

POLYCAM Lidar. Versão 2022. Poly.cam.

POLYCAM Scanner 3D. Versão 2022. Poly.cam.

QUEIRÓZ, G. R.; SCHIAMANIAK, N. K.; DOS SANTOS, J. C. P.; GRIGOLETTI, G. C. Autodesk Revit® como ferramenta BIM aplicada à simulação térmica de edificações. *Revista de Arquitetura IMED*, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 33-41, fev. 2016. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/arqimed/article/view/1145/733>. Acesso em: 03 jun. 2024. doi: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v4n2p33-41>.

RUIZ, P; ALMEIDA, C; SCHIMALSKI, M; LIESENBERG, V; MITISHITA, E. Multi-approach integration of ALS and TLS point clouds for a 3-D building modeling at LoD3. *International Journal of Architectural Computing*. 2023. doi: <https://doi.org/10.1177/14780771231176029>

SILVA, F; CUPERSCHMID, A. HBIM e mapa de danos: uma revisão sistemática da literatura. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 13 p. e 022003, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8663653>

YANG, Xiucheng; GRUSSENMEYER, Pierre; KOEHL, Mathieu; MACHER, Hélène; MURTIYOSO, Arnadi; LANDES, Tania. Review of built heritage modelling: integration of HBIM and other information techniques. *Journal of Cultural Heritage*, volume 46, 2020. Pp. 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.05.008>.