

APLICAÇÃO DO BIM EM AUTOMAÇÃO APLICADO A UM PROJETO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR

Murilo Divino Feliciano Barbosa

Resumo

Esse trabalho se propõe a utilização da aplicação do BIM (modelagem da Informação) na concepção de um projeto de automação em uma residência unifamiliar de dois pavimentos, a partir da compatibilização do modelo estrutural, hidrossanitário, elétrico, arquitetônico e orçamentação do modelo de automação e seu impacto no custo da edificação. O trabalho desenvolve-se a partir da pesquisa bibliográfica sobre o tema, seguido pela modelagem utilizando o *software* Revit, conjuntamente com um estudo das possibilidades existentes para automação residencial com utilização da internet das coisas (IOT – *Internet Internet of Things*) utilizando a tecnologia do Arduino. Pode se concluir que a modelagem apresentou problemas de compatibilização dos sistemas devido a várias alterações de projeto, o BIM se mostrou uma metodologia vantajosa para gerir essas alterações e buscar soluções, o software utilizado se mostrou uma ferramenta de fácil utilização e com uma boa biblioteca de famílias para auxiliar, obtendo-se o custo estimado da automação para esse trabalho que ficou a 1,61% do valor da construção.

Palavras chaves: Modelagem da Informação da Construção (BIM), automação residencial, internet das coisas (IoT).

ABSTRACT

This study proposes the use of BIM (Building Information Modeling) in the design of automation project for a two-storey single-family home, based on the compatibility of the structural, hydraulics, electrical and architectural models and the automation model and its impact on the cost of the building. The development of the work started with bibliographical research on the subject, followed by modeling using Revit software, together with a study of the existing possibilities for home automation using the Internet of Things (IOT) using Arduino technology. It can be concluded that the modeling presented problems of compatibility of the systems due to various design changes, BIM proved to be an advantageous methodology for managing these changes and finding solutions, the software used proved to be an easy-to-use tool with a good library of families to assist, obtaining the estimated cost of automation for this work, which was 1.61% of the value of the construction.

Key words: Building Information Modeling (BIM), home automation, internet of things (IoT).

Referencial Teórico

Nas últimas décadas, o setor da construção civil tem passado por grande evolução tecnológica, o que possibilitou ampliar a relação entre habitação e usuário, em um mundo cada vez mais conectado, onde consumidores demandam moradias melhores e mais eficientes, além de tecnológicas. A partir dessa demanda o mercado tem começado a desenvolver e investir em empreendimentos de residências automatizadas, inteligentes e conectadas a internet. Essas inovações além de oferecer maior conforto aos usuários, abrem oportunidades para benefícios que vão desde o controlar a temperatura de forma remota até a maior eficiência energética, apoiando a tendência de construções mais sustentáveis ambientalmente.

Esses avanços tecnológicos ampliam a atuação da automação residencial e modificam a forma de conceber edificações. Um exemplo de impacto na concepção e produção habitacional é a utilização da metodologia BIM, que alterou a forma como construção é planejada e executada.

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) parte de um modelo que integra ferramenta de modelagem tridimensional que abrange todos os sistemas presentes na construção, aliando informações no modelo de forma a contribuir no planejamento e gerenciamento do projeto, e também para todas as etapas produtivas da execução desse, aumentando a eficiência e reduzindo custos. Pode-se afirmar que a metodologia BIM é uma evolução natural dos sistemas de desenho CAD, que visam não apenas a representação, mas a gestão de dados integrados, trazendo maior riqueza de detalhes e possibilidades ao engenheiro, arquiteto e demais profissionais da área (COELHO; NOVAES, 2021).

A metodologia convencional de projeto ainda adotada por grande parte dos projetistas é desenvolvida em sistemas CAD, se baseando na geometria disposta em coordenadas cartesianas, ou seja, em duas dimensões, para representar elementos como paredes, portas, lajes, sistema hidráulicos, elétricos, etc. implicando em um trabalho exaustivo e manual, além de inúmeras incompatibilidades de projetos que são desenvolvidos em tempos diferentes, por profissionais independentes, muitas vezes sem comunicação ou coordenação adequada de projetos. A metodologia BIM adota um modelo tridimensional aliado a parametrização dos elementos, que permite alterações automáticas na representação bidimensional do modelo (plantas, vistas, cortes etc.), além de atrelar informações aos elementos como materiais, dimensões, acabamentos, quantitativos e qualquer outra informação que for necessária (COELHO; NOVAES, 2021).

Para Campestrini et al. (2015), é uma grande vantagem a construção desses modelos virtuais em uma vez que oferecem a possibilidade de reconstrução e remodelagem promovendo maior liberdade na condição de simulação para a equipe de engenharia e arquitetura, desde melhor visualização até análises de melhores soluções como, por exemplo, a troca do concreto armado por aço.

As vantagens da aplicação do BIM são amplamente conhecidas na literatura e representa um diferencial em termos de redução de custos e eficiência energética nas construções, contribuindo para a redução de erros construtivos decorrentes da ausência de informações ou incompatibilidades entre projetos, reduzindo desperdícios e retrabalhos, gerando um ciclo virtuoso que beneficia todo o processo construtivo.

A indústria da construção civil está acostumada precisa de diversos projetos e uma grande diversidade de profissionais com diferentes graus de instrução, e para o sucesso do planejamento é necessário que esses profissionais interajam e encontrem soluções. Com base nessa necessidade as ferramentas BIM proporcionam um ambiente colaborativo em diferentes graus.

Para a viabilidade econômica dos empreendimentos, é vital a presença de uma coordenação de projetos envolvidos do início até o final da cadeia de valor (que seria a construtora com equipe de obras) rendendo informações para a tomada de decisão, planejamento e controle. (CAMPESTRINI et al., 2015).

Com a adoção do Bim essa revisão e tomada de informações se torna um processo mais fácil e ágil, além dos softwares possibilitarem a colaboração de equipes multidisciplinares de forma simultânea, sobre um modelo virtual que pode ser compartilhado (COELHO; NOVAES, 2021).

O modelo BIM pode ser classificado em relação ao grau de informações atribuídos ao modelo paramétrico, aliado a programação de linguagens como C#, python, entre outras utilizadas para gestão de banco de dados e gerar resultados que contribuirão para a tomada de decisão como pode ser visualizado no Quadro 01 (CAMPESTRINI et al., 2015).

Quadro 1 - Dimensões do BIM e suas características.

	Modelo
Informações	Modelo virtual contendo informações espaciais e qualidade do projeto, ou seja, seus sistemas estruturais, hidráulico, elétrico e arquitetônico.
Exemplo das informações	Pilares, vigas, lajes, portas, janelas, tubulações, caixas de passagem, tomadas, iluminação, entre outros.

Quadro 1 - Dimensões do BIM e suas características (Continuação).

Possibilidades na tomada de decisão	Possível realizar a compatibilização espacial do projeto, especificação do material, acabamentos, quantitativos, entre outros.
	Modelo + Tempo
Informações	Recebe informações de prazos.
Exemplos das informações	Produtividade das equipes envolvidas, número de equipes, sequência construtiva.
Possibilidades na tomada de decisão	Possível acompanhar cronograma da obra, se há risco de atrasos, lead time, ritmo da produção.
	Modelo + Custo
Informações	Receber informações sobre custo dos serviços que estão sendo realizados.
Exemplo das informações	Custo de materiais, mão de obra, equipamentos, despesas indiretas, bônus, etc.
Possibilidades na tomada de decisão	acompanhamento do custo da obra, avaliação orçamentaria em tempo real, curva ABC, entre outros.
	Modelo + Análises Sustentabilidade
Informações	sobre o uso da edificação, gestão do ciclo de manutenção e sua conservação além do seu impacto ambiental.
Exemplo das informações	validade dos materiais, programação das manutenções necessárias, consumo de água, energia elétrica, entre outros.
Possibilidades na tomada de decisão	Extrair informações de operação e manutenção da edificação além de ajudar a buscar maior eficiência energética.

Fonte: adaptado de CAMPESTRINI et al., 2015 e NUNES, 2022.

Quanto maior o nível de informações que o modelo possui, maior o grau de assertividade na tomada de decisão pelos gestores do projeto, evitando perda de produtividade no canteiro de obras, desperdícios de materiais, e proporcionando melhor gestão do cronograma, levando a melhor qualidade do produto a ser entregue (CAMPESTRINI et al., 2015).

Automação Residencial ou Domótica.

A automação residencial emergiu como uma tecnologia revolucionária que tem transformado a maneira como se vive e se interage nas unidades habitacionais. A automação das edificações abrange a integração de dispositivos e sistemas que automatizam tarefas e controles dentro da edificação, visando proporcionar maior conforto, segurança e eficiência.

De acordo com MURATORI (2011), a automação é caracterizada pela integração entre os sistemas, aliada à capacidade de executar funções e comandos programáveis, e isso resulta em várias aplicações práticas na residência como:

- Instalações elétricas: inclui a integração entre sistema de iluminação, controle de persianas e cortinas, além da gestão energética entre outros;
- Sistemas de segurança: aprimora os alarmes de intrusão, alarmes técnicos como sistema de detecção de fumaças, vazamentos de gás e inundações, bem como circuito fechado de TV, controle de acesso, entre outros.
- Sistemas Multimídias: a automação consegue transformar a experiência de entretenimento com sistema de áudio e vídeo projetados como cinema, integrado com sistema de iluminação sendo possível criar ambientes mais envolvente;
- Sistema de comunicação: telefonia e interfonia, Tv por assinatura, wi-fi, permite comunicação eficiente tanto interna como externamente.
- Utilidades: pode ser utilizada para controle de irrigação do jardim, aspiração central, controle da climatização de forma personalizada por ambiente e preferências do usuário, além do gerenciamento do aquecimento de água, casa de bombas, entre outros.

TEZA (2002) destaca a relevância do projeto de automação residencial que deve levar em conta o estilo de vida e as preferências dos futuros moradores, e com isso projetar a melhor infraestrutura para a implantação das escolhas e desejos dos contratantes, ou seja, a escolha do tipo de cabeamento e a definição dos equipamentos, ressaltando que para esse tipo de automação é obrigatório a utilização de interfaces fáceis e amigáveis pois os clientes/usuários são avessos a programações complexas.

Por outro lado, SGARBI (2007) projeta o futuro em que é natural a evolução da automação para o conceito de domótica, onde os sistemas percebem a presença e ações dos habitantes por meio de sensores, e aprende com o comportamento dos moradores ultrapassando as configurações pré-concebidas. A domótica surge do conceito de inteligência artificial, ou seja, o conceito de aprendizado de máquina, no qual, utilizando os dados coletados, a residência torna-se capaz de analisar e adaptar as regras da automação do ambiente, se adequando ao comportamento e gosto dos moradores.

As publicações recentes demonstram que a automação é uma realidade palpável e presente em inúmeros empreendimentos, apesar de estar associada a residências de alto padrão. Segundo Teza (2002) os custos da automação variam de 1 a 7% do custo total da construção, ou seja, com a popularização das tecnologias e ampliação dos fornecedores é natural que essa tendência de automatização residencial chegue a todas as faixas de renda.

Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*)

A internet das coisas (IoT - *Internet of Things*) representa uma nova concepção tecnológica que integra rede de objetos físicos, dispositivos, veículos, edificações entre outros como equipamentos eletrônicos, sensores, softwares com conectividade a rede mundial de computadores. Esses eletrônicos permitem coletar, armazenar, processar, enviar e receber dados, e são capazes de atuar sobre o meio físico por meio de atuadores (mecanismos que automatizam o funcionamento dos equipamentos), ampliando suas funcionalidades e capacidades, fornecendo serviços úteis, de forma automática, sem interferência humana direta.

Faccioni Filho (2016) classifica que a internet das coisas é uma nova visão para aplicação da internet, que vai além dos computadores e passa a englobar todos os objetos (“coisas”) ligados ao dia a dia dos seres humanos. Ou seja, uma nova fronteira da internet que está sendo explorada e que pode ser acessada devido ao avanço contínuo da própria tecnologia.

Com a compreensão de que a IoT é uma extensão da internet atual para objetos do dia a dia, é possível vislumbrar que esses equipamentos podem ser controlados remotamente e acessados por provedores de serviço, abrindo novas possibilidades tecnológicas e econômicas (SANTOS, 2016).

Ainda segundo o autor, que faz uma ponderação, de que, apesar da abertura de novas possibilidades, também há riscos sociais, de segurança e desafios técnicos, como se atentar que a tecnologia colocará em debate assuntos como segurança, intimidade, padronização de tecnologias, sem a qual o conceito não poderá ser explorado em seu máximo potencial a fim de criar cidades inteligentes (*Smart city*), Saúde (*Healthcare*) e casas inteligentes (*Smart Home*).

Com isso, é possível estabelecer que a internet das coisas tende a assumir a ideia de ubiquidade, ou seja a noção de que estará presente em todos os lugares, momentos, sempre disponível e atuante (SANTAELLA,2013).

Pode-se afirmar que a internet das coisas é uma tendência tecnológica que promete mudar profundamente a sociedade e economia, fornecendo conexão entre mundo físico e digital, modificando experiências e estando presente o tempo todo na vida das pessoas.

Estudo de Caso

Para esse estudo de caso, construiu-se um modelo virtual utilizando o software Revit da Autodesk versão 2024, visando a compatibilização dos projetos disponíveis de uma residência unifamiliar de dois pavimentos, para, na sequência, realizar a proposta de um projeto de automação dessa.

Cada projeto foi desenvolvido utilizando em um *template* próprio para cada disciplina (arquitetura, estrutural, hidráulica, elétrica), utilizando a tecnologia de vinculação disponível no software que possibilita a colaboração, e onde é possível a visualização de determinado projeto ou etapa com menor nível de informações e famílias, tornando o arquivo mais “leve”, reduzindo a necessidade de processamento, facilitando assim o trabalho.

O Autodesk Revit é um software BIM projetado para atender às necessidades de arquitetos, engenheiros e profissionais da construção, e disponibiliza as seguintes ferramentas: modelar formas, estruturas e sistemas em 3D com precisão e facilidades paramétricas, simplificando o gerenciamento de projetos com revisões instantâneas em plantas, elevações, tabelas, cortes e folhas. Além da possibilidade de unir equipes multidisciplinares de projeto em uma colaboração eficiente tanto no escritório quanto nos canteiros de obras (AUTODESK, 2023).

Adotou-se esse software devido a sua ampla utilização entre as grandes construtoras e projetistas, aliado a uma interface amigável, simplificada e fácil de utilizar para modelagem das informações. Ainda, pela existência de uma grande biblioteca de componentes e famílias disponíveis gratuitamente na internet que contribui para a produtividade. Por se tratar de um estudo acadêmico, o software ainda disponibiliza a licença educacional gratuita, o que facilita a usabilidade.

Modelo arquitetônico

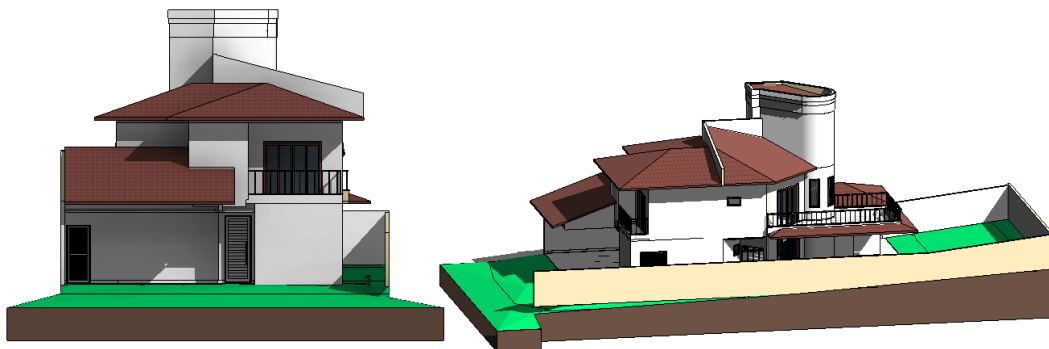
A criação do modelo arquitetônico desenvolveu-se em dois momentos distintos. No primeiro foram utilizadas as informações do projeto arquitetônico como base para a criação do modelo, cujas paredes foram criadas com famílias genéricas, para os pisos, adaptou-se um modelo padrão

do *template*, ajustando espessuras e formas para acomodar o rebaixamento entre esses, mantendo a linearidade das lajes. A cobertura foi modelada de forma genérica, com a ferramenta telhado por perímetro e as especificações das telhas do projeto arquitetônico. Para as escadas, utilizou-se o padrão do modelo, alterando somente o *design* do corrimão. Para as esquadrias, buscou-se as famílias que mais se aproximavam das especificações de projeto.

A versão 2024 do software trouxe uma inovação no modo de trabalhar com o terreno, introduzindo-o como sólido tridimensional ao invés de um plano. Nesse projeto específico, o processo de modelagem envolveu a criação do terreno original, seguido por cortes e alterações necessárias para a construção do platô e a regularização do terreno.

No segundo momento, trabalhou-se com o detalhamento, minucioso, conforme previsto no memorial descritivo, o que envolveu a especificação dos materiais das paredes e seus acabamentos. Utilizou-se o comando de pintura (PT) para atribuir texturas e acabamentos às paredes, além da criação dos materiais personalizados na biblioteca do projeto, especificando texturas e desenhos de acabamento. Ainda, acrescentou-se ao modelo os equipamentos hidráulicos, bancadas de granito e detalhes de forro de gesso, assim como a especificação e criação dos perfis para os rodapés e ressaltos de acabamentos arquitetônicos previstos. Utilizar o Revit simplificou o processo de modelagem e permitiu que o grau de detalhe necessário para atender às exigências do estudo pretendido fosse alcançado. Imagens do Modelo arquitetônico finalizado podem ser vistas na Figura 1.

Figura 1 – Modelo Arquitetônico.



Fonte: autor.

Modelo Estrutural

Para a construção do modelo estrutural optou-se por utilizar um *template* padrão como ponto de partida. Para esse projeto o foco foi fornecer uma aproximação volumétrica e posicional dos

elementos estruturais, dispensando-se assim a modelagem das armaduras e cálculo estrutural, o que simplificou o processo.

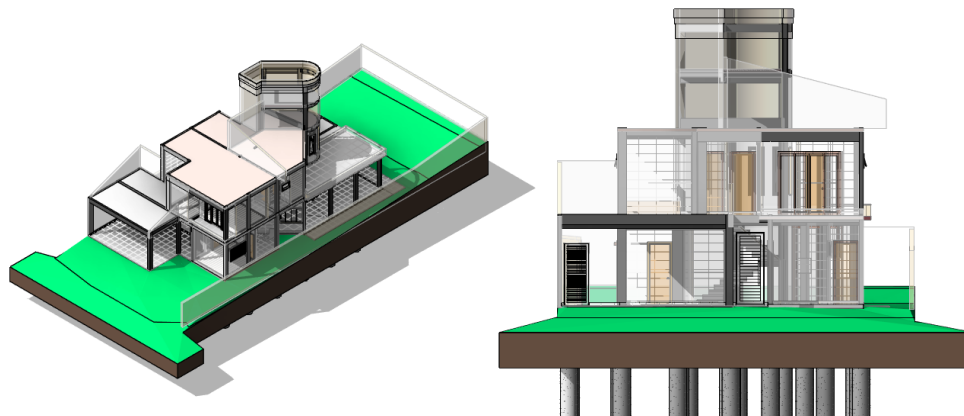
Uma estratégia importante adotada foi o uso da ferramenta de vinculação. Essa funcionalidade permitiu importar dados de geometria do modelo arquitetônico para o novo modelo, reduzindo necessidades de processamento.

Para as vigas aéreas, vigas baldrame e pilares foram utilizados modelos genéricos com dimensões e locações conforme projeto. Para os blocos de coroamento e estacas, foram empregadas famílias genéricas que representam sua volumetria e locação.

Para as lajes, foi criado um modelo a partir de uma laje genérica que se assemelhava ao projeto original, o que proporcionou representação satisfatória no nível de detalhe necessário para este estudo.

Para a compatibilização desse modelo, foram utilizados arquivos fotográficos da época da construção da residência como referência, que foram valiosos para compreender a estrutura existente e garantir que a modelagem refletisse o construído. O modelo estrutural conjuntamente ao modelo arquitetônico finalizado pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Modelo estrutural conjugado ao modelo arquitetônico



Fonte: autor

Modelo Hidrossanitário

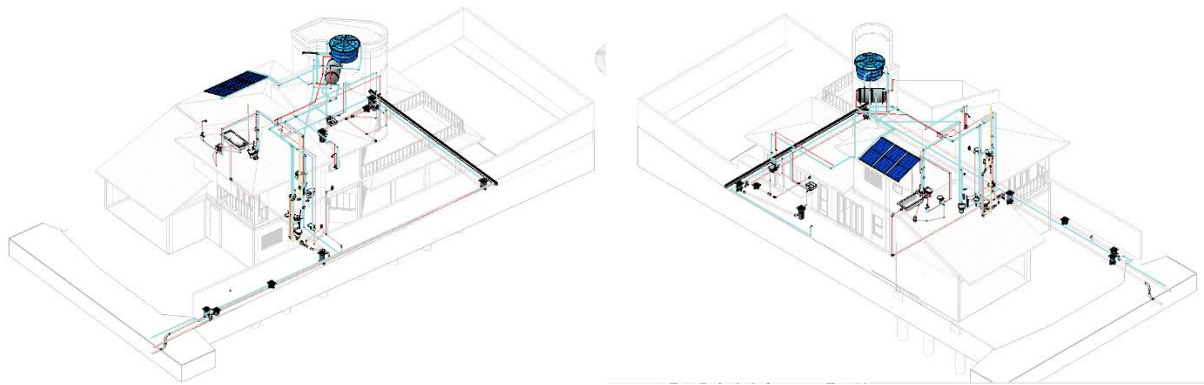
Para a modelagem do sistema hidráulico, partiu-se da vinculação do projeto arquitetônico e estrutural, o que permitiu utilizar esses como referência para os parâmetros geométricos e maior compatibilidade entre os sistemas. Ainda, utilizou-se a técnica de copiar e monitorar os equipamentos hidráulicos do modelo arquitetônico e trazê-los para o modelo hidráulico. Esses

equipamentos foram escolhidos com base na pesquisa de bibliotecas de famílias que melhor se adequassem às especificações do projeto.

Durante o processo de modelagem, construiu-se os sistemas de água fria, água quente, esgoto e drenagem, por meio de tubulações e componentes da marca Tigre, como caixas de gordura, caixa de inspeção e caixa de areia, uma vez esses já estavam inclusos no *template* adotado.

Essa etapa de modelagem envolveu adaptações significativas, uma vez que inúmeras incompatibilidades e problemas nos projetos foram identificados. Recorreu-se ao arquivo fotográfico da época da construção e em conversas com a orientadora para encontrar soluções para esses desafios. Essa colaboração e resolução de problemas foram essenciais para garantir que os sistemas fossem modelados e a modelagem final desses pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 – Modelo hidrossanitário



Fonte: autor

Projeto Elétrico, Telefonia e TV

A modelagem do sistema elétrico, de telefonia e televisão envolveu a integração e compatibilização desses sistemas com o projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário da residência. A abordagem utilizada foi iniciar com a vinculação dos projetos mencionados, utilizando-os como referência para determinar os parâmetros geométricos e garantir a compatibilidade entre os sistemas. O projeto elétrico original da residência foi uma fonte importante de informações para a modelagem.

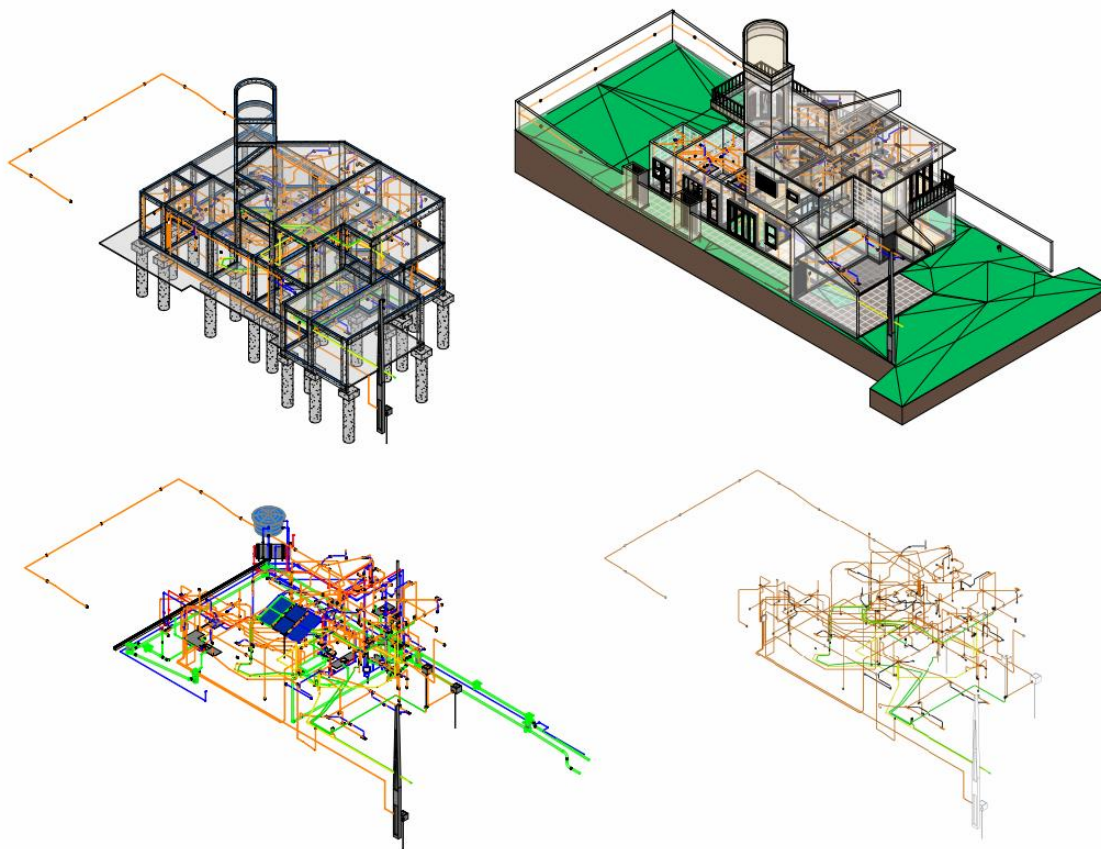
A sequência de trabalho foi iniciada pela localização das tomadas e interruptores e, em seguida, a construção das tubulações. Durante esse processo, foram criados filtros para distinguir as tubulações elétricas das de telefonia e televisão, facilitando a organização do modelo.

Nessa etapa, assim como nas anteriores adaptações significativas entre o projeto e o modelo ocorreram, uma vez que o projeto elétrico foi realizado com base em uma planta arquitetônica que sofreu alterações, por isso, foram utilizadas analogias entre a posição do mobiliário no projeto arquitetônico final e a disposição dos pontos necessários no projeto elétrico em relação a esses. Essa abordagem permitiu a acomodação das modificações arquitetônicas, garantindo que o sistema elétrico fosse eficaz e atendesse às necessidades.

Um dos maiores desafios dessa modelagem foi a falta de *shafts* e a utilização de fiada falsa nas vigas baldrames para evitar problemas de interferências entre alguns componentes. Procurou-se evitar passar por meio da estrutura, mas em alguns casos foi impossível, demonstrando que o diálogo entre projetistas se faz necessário para prever essas seções nos cálculos estruturais.

A modelagem dos sistemas elétrico, de telefonia e televisão reforça a importância da coordenação e integração de múltiplos sistemas em um projeto de construção, especialmente quando ocorrem mudanças ao longo do processo (Figura 4). Essa abordagem assegura que os sistemas sejam eficientes, seguros e em conformidade com as necessidades da edificação.

Figura 4 – Vistas do modelo elétrico com estrutural, com arquitetônico, com hidrossanitário e isolado.



Fonte: Autor

Projeto de automação

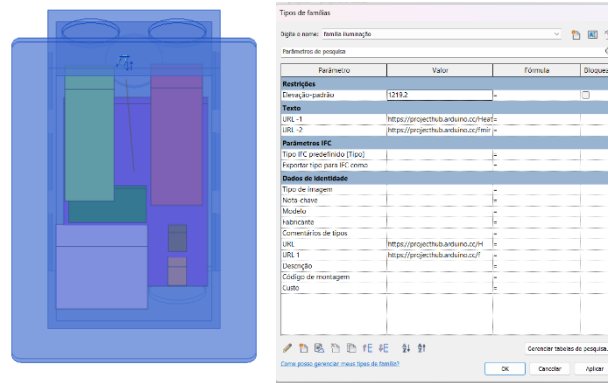
Essa modelagem foi iniciada a partir da utilização de soluções simples e acessíveis, com tecnologia do Arduino, onde as soluções são encontradas no site dos dispositivos que apresentam desde a lista dos componentes necessários até códigos de programação e o passo a passo para construção. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica amplamente reconhecida por sua acessibilidade e versatilidade. Criado com o propósito de tornar a eletrônica e a programação acessíveis para entusiastas, estudantes e inventores, o Arduino oferece uma base sólida para a criação de sistemas de automação residencial, robótica e conexão com dispositivos. Uma das principais características que tornam o Arduino tão popular são sua comunidade ativa e recursos abundantes, incluindo variedade de placas, módulos e sensores com inúmeras aplicações, além de linguagem de programação simples com inúmeras bibliotecas que facilitam o desenvolvimento de projetos eletrônicos personalizados.

Com base nessa tecnologia foi escolhido para cada ambiente os seguintes componentes para automação:

- Quartos: controladores de iluminação por voz e controlador de ar-condicionado.
- Cozinha: sensores de presença, sensor de vazamento de gás e abertura de janelas automáticos.
- Salas e circulação: sensor para abertura de porta e controle de iluminação.
- Home Theater: controle de abertura e fechamento de cortinas, controle de iluminação e som.
- Banheiros: controle de iluminação.

Na modelagem, foram empregadas famílias simples que foram criadas pelo autor, e com os componentes essenciais para a automação. Estas famílias incluem informações sobre os componentes necessários, a quantidade requerida e os tubos de ligação para interconectar os sensores e atuadores no sistema. Ainda, um *link* foi incluído nas famílias, com instruções sobre a montagem dos sistemas. Um exemplo de uma família aplicada no projeto de automação pode ser visualizado na Figura 5.

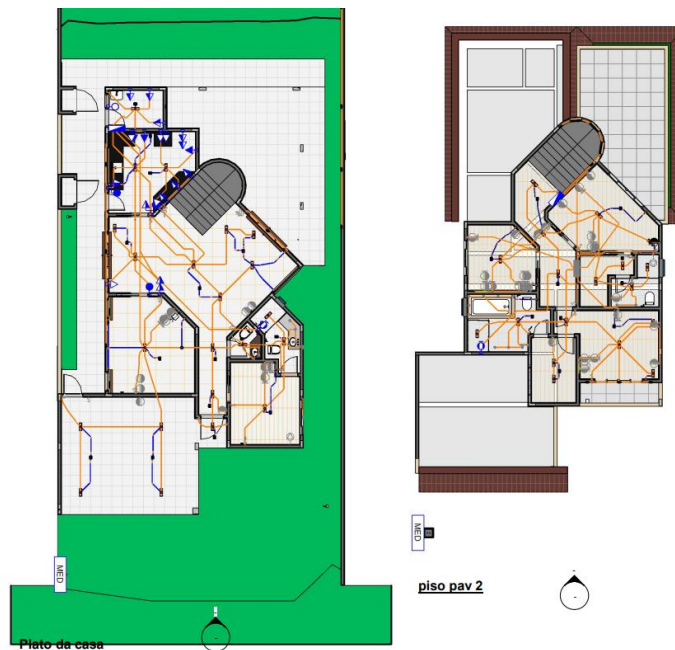
Figura 5 – exemplo da família criada para a iluminação no banheiro



Fonte: autor

Para a composição das famílias, criou-se elementos genéricos com cores distintas com as dimensões encontradas nos sites de compra, o que foi feito para todos os componentes necessários no projeto. Posteriormente reuniu-se esses componentes em uma única família modular para então ser inserida no projeto elétrico, onde foram dispostas preferencialmente no forro e regiões das paredes próximas ao forro e ligadas ao sistema que iriam controlar. Ainda foram estabelecidos filtros com cor para diferenciar a automação da parte elétrica do modelo. A planta baixa elétrica com automação do térreo e do pavimento superior podem ser vistas na Figura 6.

Figura 6 – Planta baixa com as tubulações elétricas.



Fonte: autor

Os módulos com os sensores foram estrategicamente integrados para otimizar o aproveitamento da rede elétrica existente, predominantemente instalados no forro e em áreas próximas a esse (nas paredes), minimizando a necessidade de grandes obras de reforma. Essa disposição respeita os limites de atuação dos sensores e busca a melhor localização para garantir seu correto funcionamento, a exemplo do sensor do ar-condicionado, que foi posicionado na parede oposta ao ponto de energia destinado ao equipamento, que funciona por radiofrequência e precisa estar na direção oposta ao equipamento para transmitir corretamente o comando, sem interferência. O sistema de automação projetado opera por meio de comandos de voz e forma automática. Um exemplo ilustrativo disso é a ativação das luzes por comando vocal e a abertura automática das janelas ao detectar vazamento de gás ou fumaça.

Este trabalho não se propôs a rever o cálculo da demanda elétrica adicional que esses componentes podem causar na rede existente e se há necessidade de alteração de sua configuração ou componentes.

Após a conclusão da modelagem, realizou -se uma estimativa da porcentagem dos custos para essa automação em relação ao valor atualizado para a construção da residência. Através de uma planilha eletrônica, foi calculado o custo dos componentes e se estimou o valor da construção com base no CUB (Custo Unitário Básico) da Câmara Brasileira da Indústria da Construção de Minas Gerais, referente ao período de outubro de 2023, na categoria de casas de alto padrão, nível R1. E pode-se constatar o seguinte valor pela tabela 1.

Tabela 1 – Relação de valor da automação com o da edificação.

Área Construída	262,70	m ²
CUB minas Gerais, R1 - Alto Padrão, outubro/2023	R\$ 3.261,60	R\$/m ²
Custo estimado da construção	R\$ 856.812,54	R\$
Custo da Automação	R\$ 13.764,49	R\$
Custo da Automação pelo custo da edificação	1,61	%

Fonte: autor

Pode-se então constatar que o custo da automação apesar de ser apenas uma relação dos valores dos componentes eletrônicos necessários, representou aproximadamente 1,61% do valor total da residência. Essa porcentagem reflete que a implementação desses sistemas representa uma baixo impacto no custo da construção.

Conclusão:

Neste estudo, foi aplicada a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) em um projeto de automação residencial em uma residência unifamiliar de dois pavimentos. A modelagem BIM permitiu a compatibilização dos modelos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e automação, que desde o início apresentou inúmeras incompatibilidades entre sistemas projetados em metodologia convencional, demonstrando que soluções simples como a previsão de *shafts* e fiadas falsas acima das vigas baldrame poderiam auxiliar o processo construtivo para abrigar eletrodutos e tubulações, sendo possível concluir que a plataforma BIM se apresenta como uma grande aliada e facilitadora na gestão de mudanças de projeto, podendo servir como uma plataforma de gestão de equipes e projeto, auxiliando na racionalização da construção, reduzindo custos e atrasos em obras.

A automação residencial, baseada em tecnologia como o Arduino oferece soluções simples e acessíveis para todos os públicos, independentemente do nível de conhecimento, uma vez que a plataforma possui uma comunidade atuante com inúmeros projetos e tutoriais, que ensinam a implantar dispositivos capazes de controlar diversos aspectos dos ambientes, incluindo iluminação, climatização, segurança e entretenimento.

É possível destacar a importância da automação residencial na atualidade, que pode auxiliar a responder às demandas por moradias mais eficientes energeticamente, seguras e integradas as novas tecnologias. Ainda, a integração com a Internet das Coisas (IoT) permite criar de ambientes mais inteligentes e adaptáveis ao comportamento dos moradores.

Por fim, pode-se concluir que a automação residencial utilizando o Arduino tem um custo muito baixo em relação ao valor total da construção, demonstrando ser uma possibilidade para que pessoas de todas as classes tenham acesso a automação em suas residências de forma barata.

Referências

- ACCA Software. **LOD e LOIN no BIM: o que são e para que servem**. 2022b. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/lod-e-loin-no-bim-o-que-sao-e-para-que-servem/> . Acesso em: 08 set. 2023.
- AUTODESK, Software Revit. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit> . Acessado em: 10 set. 2023.
- CAMPESTRINI, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Câmara; JR, Prof. Dr. Ricardo Mendes; SCHEER, Prof. Dr. Sérgio; FREITAS, Prof. Dra. Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM**. 1. ed. Curitiba, Paraná, Brasil: UFPR, 2015. Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf . Acesso em: 7 set. 2023.

- COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Prof. Dr. Celso Carlos. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. **Bookman**, [s. l.], 2021. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf . Acesso em: 07 set. 2023.
- DA SILVA AZEVEDO, Leonardo; MIKAMI, Rafael Jansen. **NÍVEL DE INFORMAÇÃO (NI) E SUA UTILIZAÇÃO EM MODELOS BIM PARA PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS**. Revista Técnico-Científica, 2022. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/924>. Acesso em: 08 set. 2023.
- FACCIONI FILHO, Mauro. Internet das coisas. **Unisul Virtual – universidade do sul de Santa Catarina**, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mauro-Fazion-Filho/publication/319881659_Internet_das_Coisas_Internet_of_Things/links/59c038d5458515e9cfd54ff9/Internet-das-Coisas-Internet-of-Things.pdf. Acessado em: 12 set. 2023.
- MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Capítulo I Automação residencial: histórico, definições e conceitos. O Setor elétrico**, p. 70-77, 2011. Disponível em: https://static2.voltimum.com/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/04_automacao_residencial1.pdf. Acesso em: 19 set 2023.
- Nunes, Ana Beatriz de Castro. **BIM na avaliação de sustentabilidade de edifícios**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, dez/2022. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83123>. Acesso em: 08 set. 2023
- SANTAELLA, Lucia et al. **Desvelando a Internet das coisas**. Revista GEMInIS, v. 4, n. 2, p. 19-32, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Adelino-Gala/publication/327601891_Desvelando_a_Internet_das_Coisas/links/5b991fe5299bf14ad4d41ca3/Desvelando-a-Internet-das-Coisas.pdf. Acessado em: 12 set. 2023.
- SANTOS, Bruno P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, v. 31, p. 16, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acessado em: 12 set. 2023.
- SGARBI, Júlio André; TONIDANDEL, Flavio. **Domótica inteligente: automação residencial baseada em comportamento**. In: Workshop de Teses e Dissertações em Inteligência Artificial, Ribeirão Preto, São Paulo. 2006. Disponível em: <https://fei.edu.br/~flaviot/ibas/downloadfiles/DissertacaoSgarbi.pdf>. Acessado em: 29 de out. 2023.
- TEZA, Vanderlei Rabelo et al. **Alguns aspectos sobre a automação residencial: domótica**. 2002., Dissertação de pós-graduação em Ciências da computação na Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83015>. Acessado em 29 out. 2023.