



CRIAÇÃO DE MODELOS PARA A SIMULAÇÃO DE AULAS PRÁTICAS EM EDIFICAÇÕES

Vieira, L. C. C.¹; Lima, A. T. O.²; Martins, J.D.³.

1 Laisa Cristina de Carvalho Vieira, Bolsista (IFMG), Curso Técnico de Edificações, IFMG Campus Congonhas, Congonhas - MG;

2 Arthur Tavares de Oliveira Lima, Bolsista (IFMG), Curso Técnico de Edificações, IFMG Campus Congonhas, Congonhas - MG;

3 Joel Donizete Martins. Orientador Pesquisador do IFMG, Campus Congonhas. joel.donizete@ifmg.edu.br

RESUMO

A cada dia é crescente a demanda pela formação de profissionais na área técnica e que precisam de passar por situações práticas que envolve a área que estão se formando. Por mais que se tenha laboratórios na área da construção civil a formação na área envolve visualização de elementos construtivos mais realísticos. Muitas vezes estes modelos são representados em projetos por vistas planas e com apenas informações em forma de texto. O que leva a um atraso no processo concepção da construção como um todo. Neste trabalho pretende-se investigar e criar modelos virtuais que permitam a visualização mais completa de elementos construtivos dos quais possam-se extrair todas as informações para o processo construtivo e que permitam também a criação de módulos que possam modelados fisicamente. Essas modelagens permitirão maior interação com os modelos e uma análise comparativa entre projeto e modelo construído por estudantes de cursos na área de arquitetura e Engenharia, bem como de profissionais em formação nessas áreas. A construção dos modelos físicos está acontecendo. O modelo de estrutura está concluído, sendo necessários pequenos ajustes de acabamento, e já está sendo utilizado com sucesso nas aulas práticas do curso. Observa-se que a possibilidade do aluno analisar vistas de projeto executivo, que podem ser associadas diretamente a modelos virtuais manipuláveis em três dimensões e a um modelo físico real, facilita em muito o processo de aprendizagem. O que muitas vezes ocorre apenas com vivências práticas do profissional após sua formação. Dessa forma o aluno consegue sair muito mais preparado para esse mercado profissional. Os demais modelos já estão com a execução planejada. A pouca experiência com modelos de construção completos, sejam reais ou virtuais, faz com que o aluno tenha poucas informações em sua base de conceitos e consequentemente no seu potencial de interpretação. Isso pode dificultar no futuro profissional principalmente na interpretação de desenhos bidimensionais ou a geração de imagens mentais dos modelos a partir de vistas planificadas.



INTRODUÇÃO:

As tecnologias utilizadas na área da construção civil vêm avançando em uma velocidade na qual muitas instituições que trabalham com a formação na área não conseguem acompanhar. A criação de laboratórios práticos que permitam o contato de alunos com estas tecnologias é muitas vezes prejudicada em função da ausência de recursos financeiros, espaços físicos e falta de profissionais capacitados para construir. Por outro lado, existe um crescente investimento em soluções de projeto que permitam simular virtualmente as etapas construtivas visando um planejamento mais eficiente e mais acertado. Dentre estas tecnologias destaca-se a tecnologia BIM (Modelagem da Informação da construção) que vem sendo incorporada em vários escritórios de engenharia e arquitetura e teve a utilização obrigatória no planejamento de obras públicas a partir de 2020. Portanto, a disponibilidade de modelos que possam ser manipulados em escala construtiva de forma virtual em módulos em menor escala que possam ser construídos fisicamente, com mais fácil manipulação e custos menores pode ser uma solução interessante.

A Modelagem da Informação da Construção (Building information modeling -BIM) é uma das principais tecnologias que vêm sendo utilizadas em diferentes áreas da construção, como no gerenciamento de instalações, gerenciamento de risco, estimativa de custos, simulação de consumo de energia, etc. A modelagem completa das informações é feita acrescentando parâmetros específicos a cada elemento da construção e que vai muito além de uma simples modelagem em 3D e estas informações podem ser reunidas e extraídas por meio de relatórios adaptados à necessidade de cada parte envolvida no processo construtivo. Observa-se nas estimativas de custo com a utilização do BIM um processo mais eficiente em relação às estimativas feitas com levantamentos manuais e pode levar à redução de custo do projeto.

Uma melhor percepção de um modelo tridimensional é desenvolvida à medida que o ser humano interage com um meio espacial através da visão e do tato, sendo estimulado por aspectos como brilho, sombra, cor, frio ou calor, tipo de contato, etc. Tais estímulos são interpretados pelo cérebro e permitem a elaboração de conceitos como formas, proporção, posição e orientação necessários para a criação de novos modelos que sirvam como resposta a uma determinada demanda na área da construção. Quanto mais se observa um modelo, maior será a quantidade de informações disponíveis e que depois de processadas pelo cérebro, tornam-se a base de conceitos para avaliações posteriores.

A criação de modelos virtuais ao ser utilizada no processo de ensino-aprendizagem nos cursos voltados para a área da construção civil representa um avanço. O aluno de forma no ambiente virtual passa a ter um papel de protagonista no processo que envolve a modelagem de uma construção, tendo acesso direto e meios para interagir com o modelo construtivo e manipulá-lo, alimentando-o com informações ou retirando outras informações do mesmo em tempo real. Desta forma pode-se planejar modelos de partes específicas da construção para estudos e simulações em escala real. Algo muito similar à rotina atividades previstas em jogos virtuais que muitos estudantes acabam se envolvendo e têm certo domínio. Sem a manipulação de modelos reais ficam prejudicados o aprendizado e a geração de conhecimento que levam à criação de novas soluções baseadas no que foi aprendido. O uso de tecnologias baseadas em modelos de realidade virtual pode significar uma revolução no processo de concepção, elaboração, visualização e apresentação final de projetos, assim como na simulação das soluções possíveis.

Neste estudo busca-se utilizar da modelagem em BIM para definição e criação de modelos didáticos virtuais de construções, dos quais possam ser feitos recortes gerando modelos em menor escala, que sejam representativos para uma construção maior e que possam ser construídos fisicamente. Estes modelos deverão ser de fácil manipulação e dos quais devem ser exploradas as principais características de uma solução da área da construção civil tanto de na área de instalações como de estruturas.

De acordo com Fonseca, o computador revoluciona a sociedade, e está cada vez sendo mais utilizado: O computador é uma ferramenta que revoluciona o dia a dia da nossa sociedade e vem sendo incluído no contexto escolar para as mais diversas utilizações. Os estudantes estão a cada dia utilizando mais as tecnologias disponíveis, buscando novas formas de interação e de formação (FONSECA, et al. 2013).

A construção de modelos tridimensionais possibilita uma visualização mais completa e proporciona uma

XI Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 22 a 24 de agosto de 2023, Planeta IFMG 2023.



melhor interpretação geométrica da modelo e raciocínio espacial, muito importantes no aprendizado. Segundo Pertence, Santos e Jardim (2001), toda nova informação que chega ao cérebro de um aluno deve ser interpretada, classificada, comparada e armazenada baseando-se nos conceitos tridimensionais já formulados. Todo esse processo conduz à formulação de novos conceitos ou ao refinamento dos já existentes. Ao apreciar-se um objeto instintivamente tem-se a necessidade de girá-lo, observando-o em vários ângulos. Posteriormente este objeto pode ser reconstituído na mente por meio da sua imagem memorizada e imaginar mudanças de detalhes como dimensões, formas e posições. Portanto, o desenvolvimento do raciocínio depende da memória, que, por sua vez, depende da percepção. De acordo com os autores “Cerca de 20% dos erros encontrados nos trabalhos realizados pelos estudantes de desenho mecânico, estão relacionados com deficiências em habilidades da inteligência espacial”.

De acordo com Grilo et al. (2007) um modelo 3D de construção permite em simulações de realidade virtual situações nas quais o usuário interage, navega e está imerso em um ambiente tridimensional sintético, criado por computador, utilizando canais multissensoriais (imagens, sons, tato, etc.), possibilitando uma série de aplicações, tanto em suas formas imersivas quanto não- imersivas, sendo que as primeiras possibilitam maiores aplicações na arquitetura e na construção civil.

Um modelo virtual de construção de uma ponte desenvolvido por Sampaio et al. (2004) permitiu a simulação de processos construtivos pelo método de avanços sucessivos e demonstrou como a tecnologia de realidade virtual pode ser utilizada na elaboração de material didático.

Quando um aluno tem pouca experiência com modelos de construção completos, sejam reais ou virtuais, terá poucas informações em sua base de conceitos e conseqüentemente seu referencial interpretativo será restrito. Isso pode dificultar no futuro profissional principalmente na interpretação de desenhos bidimensionais ou a geração de imagens mentais dos modelos a partir destes desenhos. Neste sentido a Modelagem da informação da Construção (Building Information Modeling - BIM) tem sido considerada uma inovação na indústria de construção. Que além de permitir a visualização de tridimensional de modelos realísticos de construções, facilita manipulação de diversas informações tanto para serem alimentadas no modelo como para serem extraídas dele.

A Modelagem da Informação da Construção em BIM é uma das principais tecnologias que vêm sendo utilizadas em diferentes áreas da construção, como no gerenciamento de instalações, gerenciamento de risco, estimativa de custos, simulação de consumo de energia, etc. A modelagem completa das informações é feita acrescentando parâmetros específicos a cada elemento da construção e que vai muito além de uma simples modelagem em 3D e estas informações podem ser reunidas e extraídas por meio de relatórios adaptados à necessidade de cada parte envolvida no processo construtivo.

As práticas baseadas no BIM para o desenvolvimento dos novos projetos são mudanças de postura exigidas para os novos profissionais no mercado da construção civil. E, para isso, as universidades têm um papel fundamental, não apenas na formação desses profissionais, mas, também, de contribuir com a formulação de posturas que valorizem novos processos de projeto e de construção de edificações (Ruschel, Andrade e Moraes, 2013).

processos construtivos reais pelos estudantes. Já Menezes et al. (2015) perceberam em estudo vários aspectos onde o uso de programas BIM pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao ensino/aprendizagem e observaram que a utilização dos programas foi fundamental para o esclarecimento de dúvidas com a possibilidade de visualizações de detalhes que facilitaram o processo de ensino tanto para os alunos quanto para os professores.



METODOLOGIA:

Este estudo foi elaborado de forma paralela ao desenvolvimento das atividades da disciplina de Modelagem da Informação da Construção oferecida pelo IFMG campus Congonhas no curso de Edificações na qual os autores estão ou estiveram matriculados no período. A ideia surgiu a partir da observação de que o entendimento dos conceitos abordados no curso pode ser melhor assimilado como a edificação pode ser modelada virtualmente com todas as informações necessárias.

Portanto, buscou-se ampliar estes estudos modelando determinadas partes da construção que representassem a construção maior e que pudessem ser modelados fisicamente o que permitiria uma ampliação nas possibilidades de aprendizado uma vez que o processo de interação com os modelos poderia também ocorrer de forma real em um laboratório.

Esperava-se neste trabalho:

- a) Fazer um levantamento atualizado de bibliografias que tratam do assunto em estudo;
- b) Mapear junto a estudantes de cursos da área da construção civil as principais dificuldades encontradas no processo de elaboração de projetos e de planejamento de construções no que diz respeito a estruturas e instalações.
- c) Investigar um modelo de construção cujas características favoreçam o processo de ensino aprendizagem na área da construção civil;
- d) Definir os principais programas em BIM que tenham fácil manipulação para estudantes e que permitam a criação de modelos realísticos de construção;
- e) Simular o processo construtivo de uma edificação de forma virtual;
- f) Delimitar regiões do modelo de construção de interesse para a modelagem física para fins de comparação;
- g) Planejar o processo de construção dos protótipos físicos que serão utilizados em aulas práticas.

Foi planejada a execução de modelos de Estruturas de concreto armado e de instalações elétricas e hidrossanitárias. Para isso foi realizado um vasto estudo para entender as principais dificuldades encontradas pelos alunos nos conteúdos curriculares do curso que abordam estes temas e em como em como os modelos propostos poderiam facilitar o processo de aprendizagem e poderem ser representados por meio de vistas planas, por vistas tridimensionais realistas que podem ser manipulados em 360° e fabricados em laboratório como estruturas fixas.

A primeira etapa do estudo já foi realizada investigando as principais informações que devem estar previstas em um modelo virtual de construção para permitir uma melhor compreensão de conceitos principais para um estudante que tem um primeiro contato com atividades nessa área. Com esta etapa concluída, será iniciado o processo de avaliação de uma tipologia de construção que atenda a estes requisitos e que disponha de todas as informações necessárias para modelagem em um programa BIM. A partir dessa fase será então escolhido o melhor programa a ser utilizado e iniciado o processo de modelagem da construção, incluindo suas instalações e estrutura de concreto. Esses elementos serão objeto de estudo mais específico. Com a construção virtual modelada, serão definidas as regiões nas quais serão feitos os recortes tridimensionais e escolhidos os modelos de vista mais representativos para serem modelados fisicamente de forma real. Definidos estes modelos, será iniciada a etapa de planejamento da construção dos protótipos reais, definindo os projetos, os materiais e demais recursos necessários.

A construção dos modelos físicos está acontecendo e o modelo de estrutura já construído está sendo utilizado com sucesso nas aulas práticas do curso de Edificações. Nesta construção foram utilizados recursos disponibilizados pelo próprio IFMG e funcionários terceirizados da área de obras do campus.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os modelos virtuais foram feitos utilizando o programa computacional da empresa Autodesk Revit.

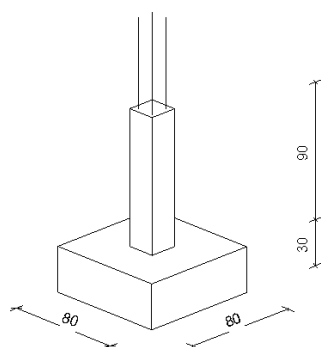
Dividimos aqui para fins de análise de resultados os modelos por tipologia.

a) Modelo Estrutural

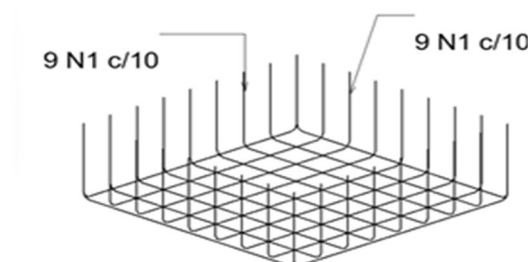
A modelagem estrutural utilizando o Revit pode ser feita a partir de um modelo arquitetônico preparado previamente e que pode ser vinculado ao Revit para facilitar o posicionamento dos elementos estruturais. O objetivo da modelagem estrutural no Revit é criar um modelo digital tridimensional preciso e detalhado de um sistema estrutural como um edifício ou uma ponte.

Com a modelagem estrutural no Revit, é possível criar desenhos, vistas e documentação detalhada estrutura, como plantas, cortes, elevações e detalhes construtivos. A criação dessas vistas contribui diretamente para o aprendizado dos alunos, visto que é possível representar de forma clara o que é executado em estruturas reais de construção. Na Figura 1 mostram-se imagens de vistas criadas pela autora na disciplina.

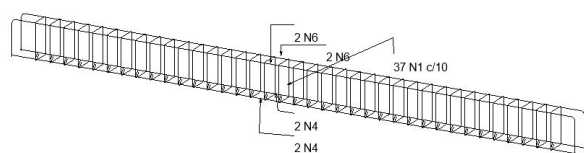
Figura 1 - Vistas geradas de modelos de estruturas no REVIT



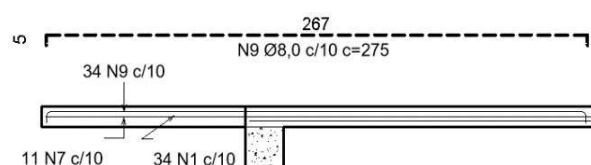
a) Volumetria de uma de Fundação



b) Armadura de Fundações



c) Armaduras de Vigas



d) Armaduras de lajes

Fonte: Autoria própria

Outro fator favorável é a visualização de resultados e simulação: o Revit oferece recursos de visualização avançados, como renderização e animação, permitindo que os usuários vejam como a estrutura se comporta em diferentes condições, como cargas, vento ou terremotos. Todos os modelos criados podem ser manipulados de forma tridimensional pelos alunos. Para ter uma referência de estudo foi criado um modelo arquitetônico simplificado no Revit como mostra a Figura 2.

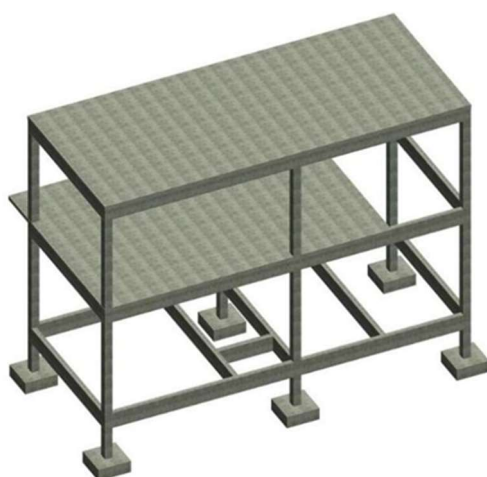
Figura 2 – Modelo de Arquitetura



Fonte: Autoria própria

Com o modelo arquitetônico feito, foi iniciado o projeto estrutural em concreto armado com o auxílio da disciplina de Modelagem em BIM ministrada no IFMG Campus Congonhas e com um modelo de projeto (Template) específico para projetos estruturais, foi feita a modelagem dos elementos de concreto e das armaduras utilizadas. Na Figura 3a mostramos os elementos de concreto e na Figura 3b as armaduras de aço utilizadas e que foram isoladas na imagem.

Figura 3 – Modelo de Estrutura



a) Elementos de concreto



b) Armaduras

Fonte: Autoria própria

Como estes modelos podem ser totalmente manipulados e de forma completa por estudantes, foi escolhida uma região específica da estrutura para ser avaliada, na qual fosse possível ter a modelagem completa de diferentes elementos estruturais com suas armaduras, como mostra a Figura 4. Na figura, foi aplicada uma propriedade aos elementos de concreto para deixá-los com certa transparência e poder serem visualizadas as armaduras, onde é demonstrado uma região de encontro de um pilar ao qual estão ligadas duas vigas perpendiculares e uma laje com suas armaduras de forma completa.

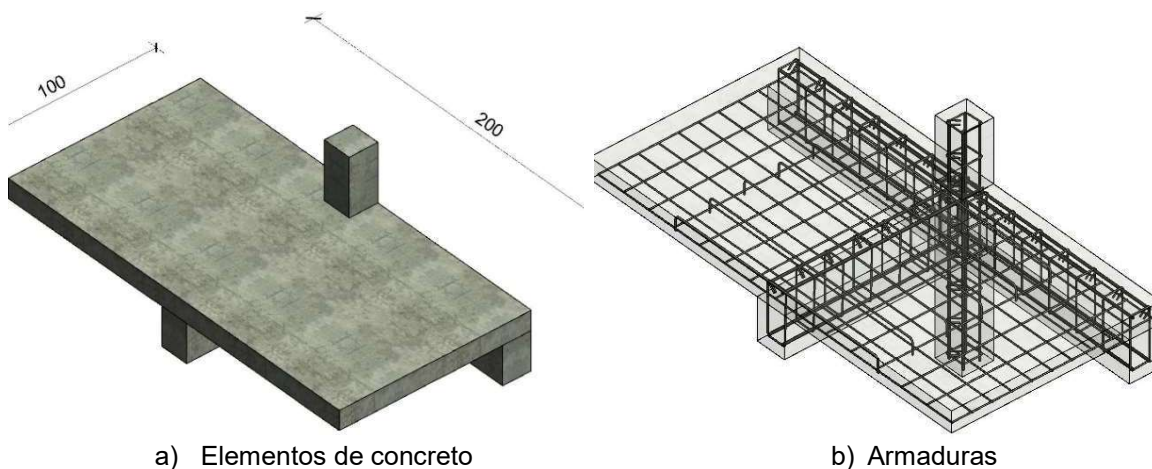
Figura 4 – Região da estrutura escolhida para análise



Fonte: Autoria própria

Para simular o estudo dessa região e permitir a modelagem física, foi então criado um modelo no Revit em menor escala que representasse essa região como mostram as Figura 5 e Figura 6. Para reduzir o peso do modelo e permitir a visualização das armaduras, foi definido que seria concretado fisicamente apenas parte do modelo como mostra Figura 7.

Figura 5 - Região da estrutura modelada para estudo



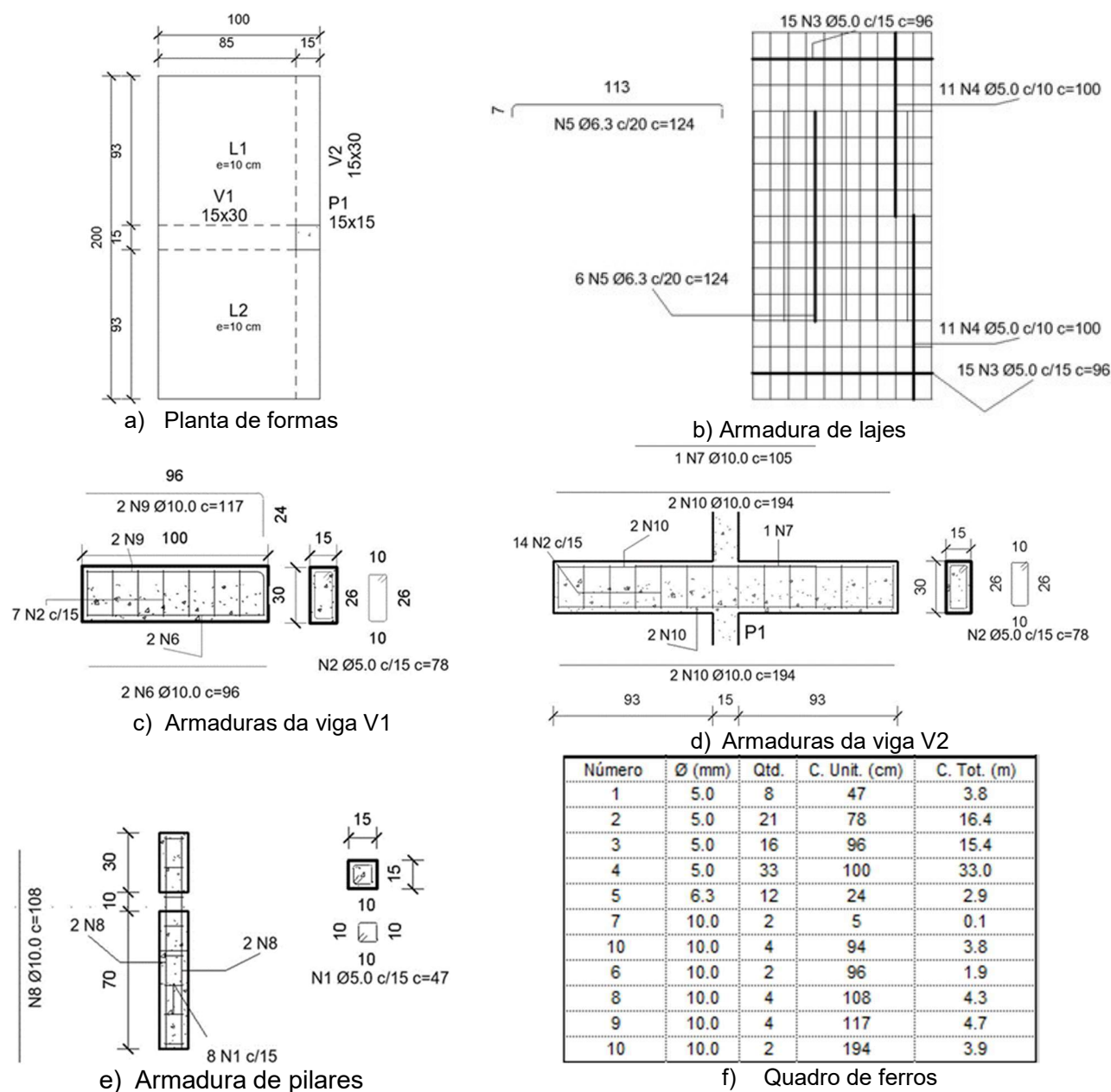
a) Elementos de concreto

b) Armaduras

Fonte: Autoria própria

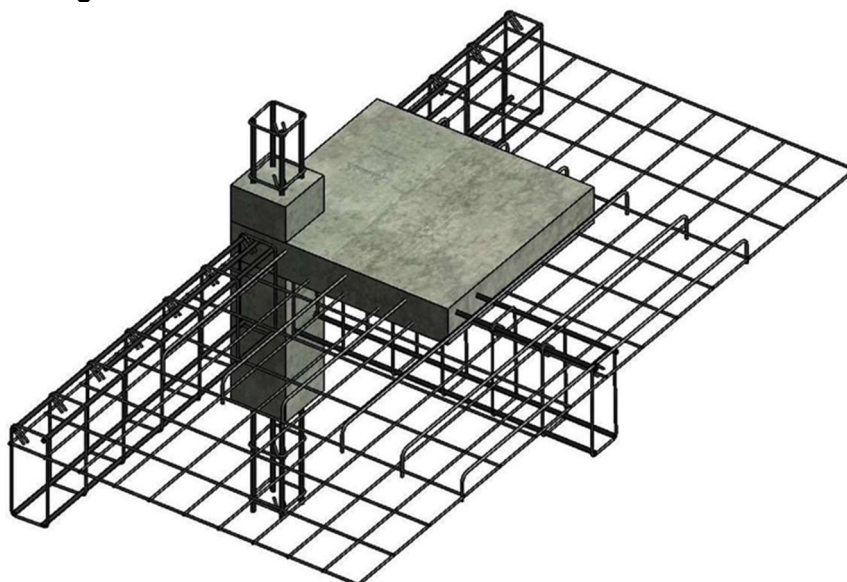
Como observado nas figuras 5 e 7, a modelagem no Revit facilita significativamente a leitura e a interpretação do projeto estrutural porque permite criar um modelo 3D completo da estrutura, mostrando todos os elementos, como vigas, colunas, lajes, paredes estruturais e fundações, de forma clara e visualmente compreensível. Isso proporciona uma visão mais realista e imersiva do projeto estrutural. Além disso, com a modelagem 3D, é possível ver as relações espaciais entre os elementos estruturais de maneira mais intuitiva. É possível navegar pelo modelo e examinar a estrutura sob diferentes perspectivas, o que facilita a compreensão da geometria e do *layout*. A partir da criação do modelo no Revit em menor escala (Figura 5 e 6), esse modelo será criado fisicamente com algumas adequações. Outra facilidade do programa é a possibilidade de geração de vistas planificadas de projeto para execução como mostra a Figura 6. Ele nos permite identificar os ferros utilizados na estrutura, bem como gerar o quadro com identificação de todos os ferros utilizados (Figura 7f) e gerar o quadro resumo de todos os materiais de forma automática.

Figura 6 – Vistas de projeto.



Fonte: Autoria própria

Figura 7 – Modelo final a ser estudado e modelado fisicamente.



Fonte: Autoria própria

O modelo em questão tem cobertura adequada das armaduras com o concreto, o que é essencial para protegê-las contra a corrosão. Será levado em consideração o ambiente em que a estrutura estará exposta (laboratório de Edificações do IFMG Campus Congonhas). Será adicionado aditivos inibidores de corrosão das armaduras no concreto. Além dos cuidados tomados contra a corrosão, tal modelo será feito com cuidado e cautela para que não apresente nenhum risco de corte ou qualquer dano físico aos alunos. No local da exposição do modelo estará disponível todas as vistas do modelo apresentado fisicamente, b

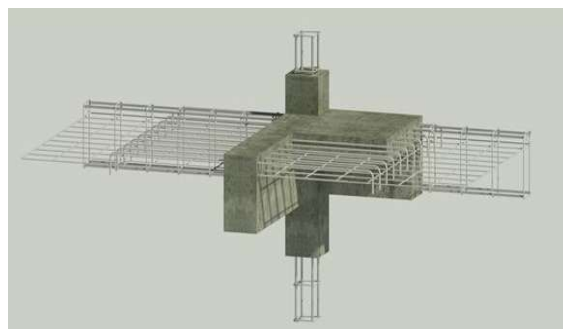
O processo de construção do modelo Estrutural foi iniciada. Durante o processo de desenvolvimento do modelo didático, foram necessárias algumas alterações estruturais com o objetivo de otimizar o aprendizado dos alunos. Foi identificado que certas áreas do projeto original não ofereciam a visibilidade adequada da estrutura da laje, o que dificultaria a compreensão das armaduras positivas e negativas. Para garantir uma melhor assimilação por parte dos alunos, foi decidido que alguns vergalhões estruturais dessas armaduras deveriam permanecer expostos, permitindo que os alunos pudessem observar diretamente a interação entre as peças metálicas e a concretagem. Foram feitos os ajustes necessários para garantir que as exposições das armaduras fossem feitas de maneira segura e eficiente, sem comprometer a integridade da estrutura. Além disso, as adaptações foram feitas de forma que o modelo atendesse plenamente os objetivos propostos.

Para o sucesso na modelagem, tornou-se imprescindível a criação das fôrmas (Figura 8a) que seriam utilizadas no processo de concretagem. Essas fôrmas desempenham um papel essencial, já que não apenas moldam o concreto, mas também garantem que ele permaneça estável durante o processo de cura, que dura aproximadamente 28 dias. Entretanto, o modelo didático apresentava um desafio adicional: as diversas armaduras expostas exigiam adaptações nas fôrmas, que precisavam ser ajustadas cuidadosamente para se fixarem entre as peças metálicas para garantir que as fôrmas pudessem ser posicionadas de maneira eficaz, sem prejudicar a integridade da concretagem.

Figura 8 – Planejamentos das fôrmas para a concretagem do modelo



a) Fôrmas planejadas



b) Modelagem final prevista

Fonte: Autoria própria

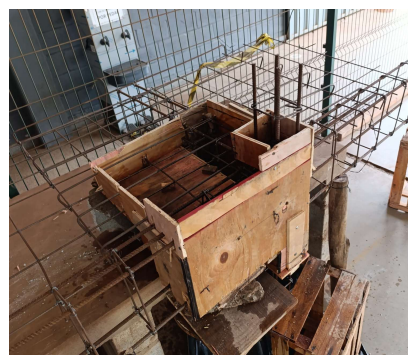
Com a modelagem finalizada e os detalhes das fôrmas ajustados, a equipe realizou uma visita ao laboratório de materiais de construção e ao depósito do instituto. O objetivo era verificar a disponibilidade de peças necessárias para a execução do projeto, conforme descrito na planilha de materiais gerada pelo programa Revit. Durante essa inspeção, foram encontrados alguns dos materiais listados, porém, muitas peças ainda estavam em falta. Para completar o estoque, seria necessário adquirir novos materiais em um depósito de construção local. Contudo, como o projeto dependia do financiamento disponibilizado pelo instituto para os bolsistas, foi necessário aguardar a liberação do crédito para dar continuidade à compra dos materiais pendentes.

Com a liberação do crédito finalmente aprovada, foi possível adquirir todas as peças e materiais necessários para a execução do projeto. O primeiro passo foi a montagem das armaduras, que foram fixadas entre si com arame galvanizado para posterior soldagem, garantindo que estivessem devidamente alinhadas e prontas para a etapa de concretagem. Em seguida, as fôrmas foram executadas (Figura 9b).

Figura 9 – Montagem das fôrmas para a concretagem do modelo



a) Fôrmas planejadas



b) Fôrmas executadas

Fonte: Autoria própria

Com as formas modeladas, o modelo foi posicionado no Laboratório de edificações onde foi feito o travamento devido e a preparação para concretagem. Foi utilizado o concreto misturado no local com fck de 20 Mpa. Durante o processo de concretagem (Figura 10) foi feita devida vibração do concreto. Após a concretagem o modelo foi coberto para garantir a umidade e a cura devida. Após 14 dias — período em que o concreto atinge cerca de 50% da sua resistência total —, as fôrmas laterais foram removidas. Esse procedimento permitiu a realização de ajustes no acabamento da superfície, assegurando a qualidade visual e estrutural do modelo didático (Figura 11).

XI Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 22 a 24 de agosto de 2023, Planeta IFMG 2023.

Figura 10 – Concretagem do modelo



a) Início da concretagem



c) Fim da concretagem

Fonte: Autoria própria

Figura 11 – Modelo estrutural finalizado



a)



a)

Fonte: Autoria própria

A modelagem do projeto estrutural no Revit apresenta algumas dificuldades para os alunos. Aqui estão listadas dificuldades comuns relatadas pelos alunos. Conhecimento prévio de engenharia estrutural: A modelagem do projeto estrutural requer um entendimento sólido dos princípios da engenharia estrutural. Os alunos precisam ter conhecimento sobre os tipos de elementos estruturais, por exemplo.

Compreensão das ferramentas específicas do Revit: O Revit possui ferramentas específicas para modelagem estrutural, como criação de vigas, colunas, lajes, fundações, entre outros. Os alunos precisaram aprender a usar essas ferramentas corretamente e compreender suas propriedades e opções.

Complexidade do projeto: Projetos estruturais podem ser complexos, especialmente em edifícios de vários andares ou com elementos estruturais incomuns. Os alunos podem enfrentar dificuldades ao lidar com geometrias complexas, conexões estruturais sofisticadas ou análises estruturais avançadas dentro do Revit.

É importante ressaltar ao decorrer do curso muitas dificuldades foram sanadas com prática, estudo contínuo e orientação adequada. À medida que os alunos ganham experiência e conhecimento, eles se tornam mais proficientes na modelagem do projeto estrutural no Revit com a possibilidade de maior acesso ao modelos executados em três dimensões como seja de forma virtual quanto real.

b) Modelo de Instalações Elétricas

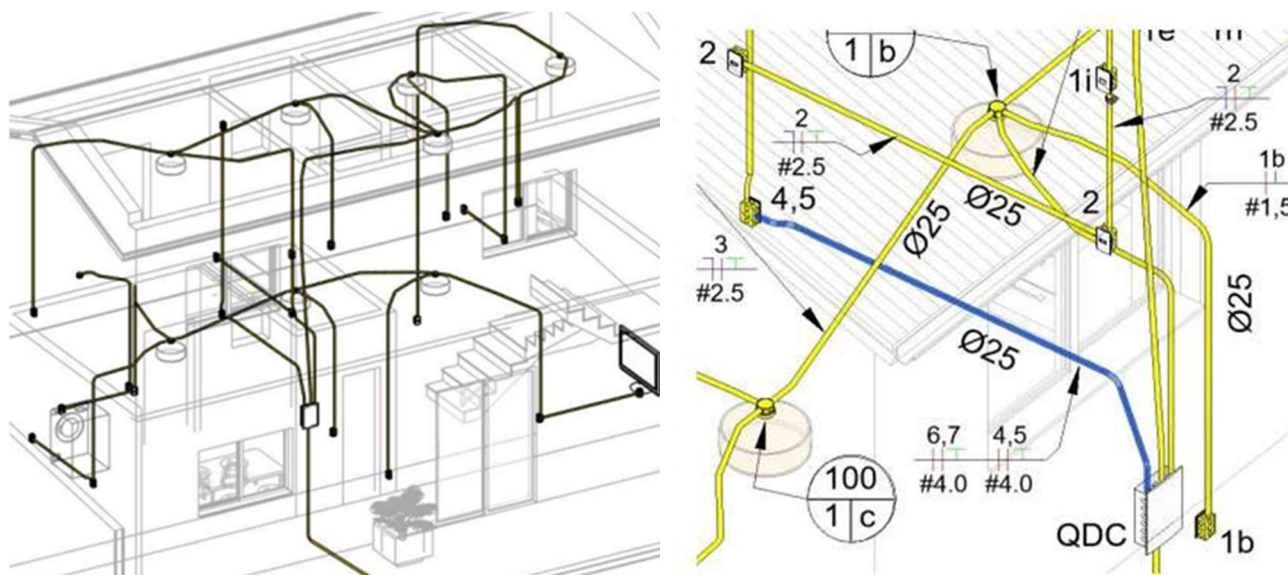
XI Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 22 a 24 de agosto de 2023, Planeta IFMG 2023.

A modelagem de elétrica no Revit envolve a criação de representações virtuais dos sistemas elétricos de um edifício, incluindo distribuição de energia, iluminação, tomadas, sistemas de segurança, entre outros. O Revit oferece uma ampla variedade de componentes elétricos predefinidos, como painéis elétricos, disjuntores, tomadas, luminárias, interruptores e cabos. O software permite a criação de circuitos elétricos, que conectam os componentes e permitem simular a distribuição de energia. Através da modelagem elétrica no Revit é possível realizar análises de carga para entender como os sistemas elétricos estão distribuídos e se estão em conformidade com os requisitos de projeto e regulamentações. Ao criar modelos elétricos, é possível detectar automaticamente conflitos entre elementos elétricos e outros sistemas modelados, como elementos estruturais e sistemas hidráulicos. Isso ajuda a resolver problemas antes da fase de construção.

Em resumo, a modelagem elétrica no Revit oferece uma abordagem eficiente e precisa para projetar, analisar e documentar sistemas elétricos em edifícios. Ela ajuda a reduzir erros, economizar tempo e recursos, e aumentar a colaboração entre os membros da equipe de projeto, resultando em projetos mais eficazes e bem-sucedidos.

Na Figura 12a é indicada um exemplo de modelagem das Instalações Elétricas para a edificação indicada na Figura 2 e na Figura 12b uma ampliação desta instalação na região do quadro de distribuição de circuitos, mostrando o detalhamento de projeto em três dimensões. Utilizando todos esses benefícios da modelagem elétrica disponibilizada pelo *software* Revit e com o intuito de aproveitá-las ao máximo, a fim de obter um resultado de sucesso e maior entendimento através deste projeto, foi criado um modelo didático onde os pontos elétricos foram posicionados como mostra a Figura 13.

Figura 12 – Exemplo de modelagem virtual de instalações elétricas



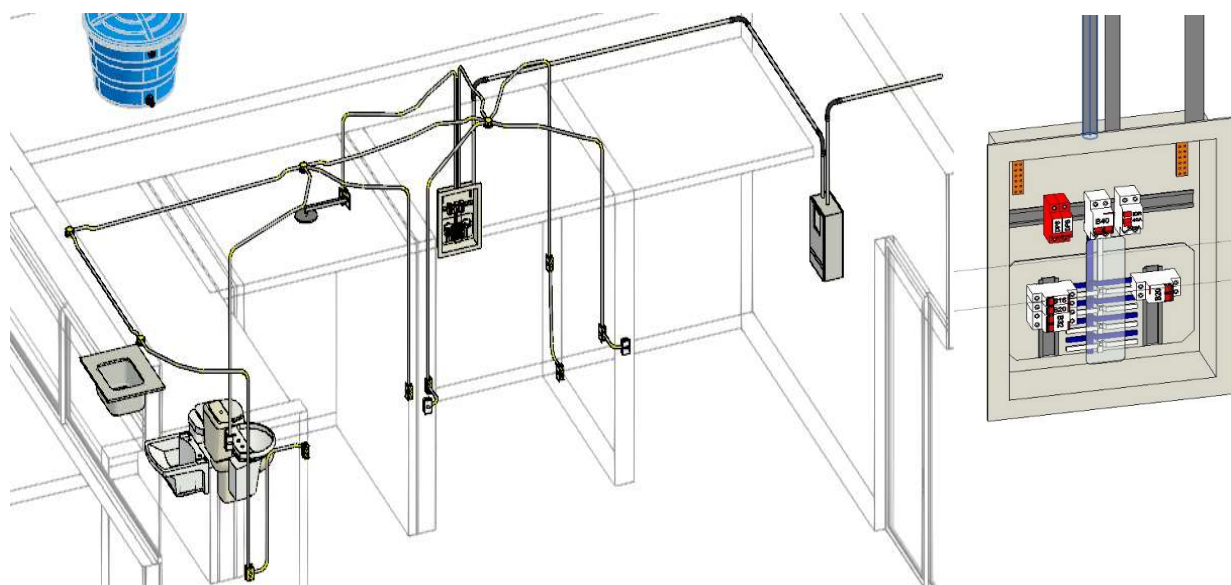
a) Instalações elétricas completas na construção

b) Região do quadro de distribuição ampliada

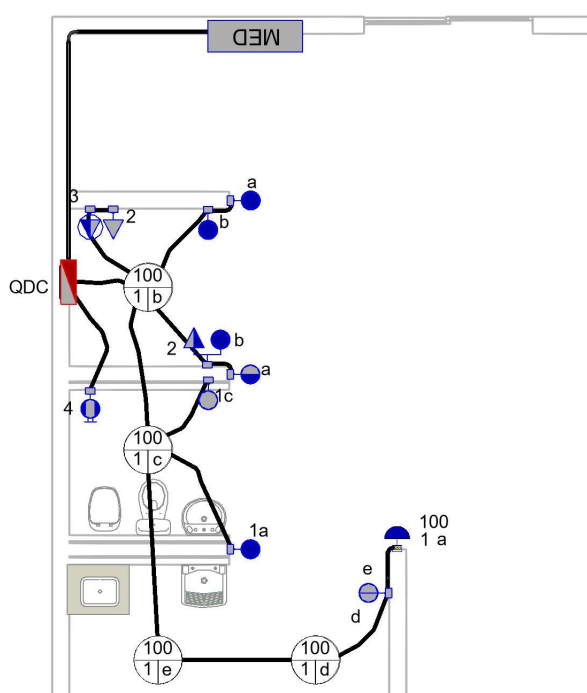
Fonte: Autoria própria

Considerando a distribuição do laboratório, foi deliberado o uso de três ambientes contíguos para a execução prática da modelagem hidráulica e elétrica. O posicionamento das peças foi criteriosamente escolhido, tendo em vista a facilidade de inserção de eletrodutos. Com essa abordagem em mente, a disposição dos elementos foi planejada de forma estratégica. Na Figura 13 temos imagens do modelo adotado. Na figura 13a podemos visualizar o modelo em três dimensões mostrando o quadro de distribuição, os eletrodutos que interligam as caixas de passagem na parede e no teto e os dispositivos elétricos (tomadas e interruptores). A ideia é que estes eletrodutos sejam construídos com mangueiras descontinuas para permitir a visualização dos fios condutores.

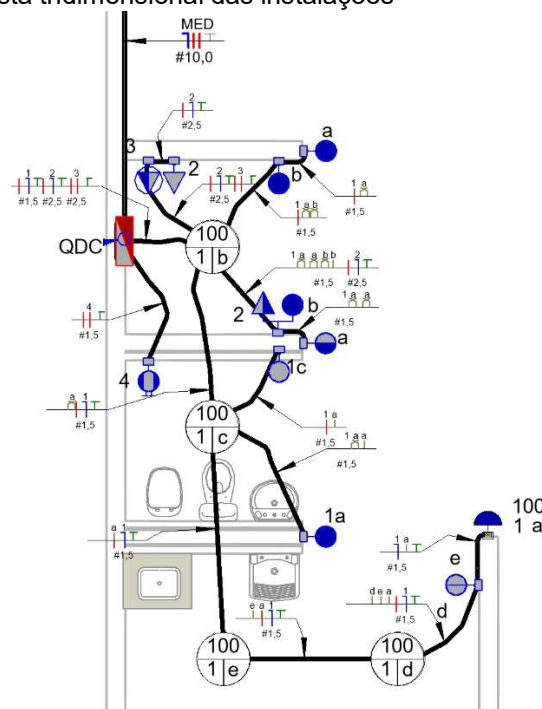
Figura 13 – Modelo virtual de instalações elétricas utilizado



a) Vista tridimensional das instalações



a) Planta com a identificação de circuitos



b) Planta com lançamento de fiações

Fonte: Autoria própria

As luminárias e interruptores foram agrupadas no circuito 1, duas tomadas de 10 amperes 127 volts no circuito 2, uma tomada de 20 amperes 220 volts nos circuitos 3 e 4 e o chuveiro 220 volts nos circuitos 5 e 6. Foi adotado no primeiro ambiente (figura 9b) uma luminária no teto que será comandada (comando b) por dois interruptores paralelos (three way), o quadro de distribuição de circuitos, a tomada de 20 amperes e as duas tomadas de 10 amperes. O segundo ambiente conta com outra luminária no teto comandada por um interruptor simples (comando c) e um ponto de saída para o chuveiro. No terceiro ambiente foram inseridas duas luminárias no teto comandadas por um interruptor em duas teclas (comandos d e e). Na extremidade de



três das paredes foram inseridos dois interruptores paralelos (three way) e um interruptor intermediário (four way) (comando a). O programa revit cria automaticamente o quadro resumo de cargas de acordo com os circuitos utilizados e todas as tabelas de materiais.

A distribuição inteligente dos componentes de modelagem elétrica é um passo crucial para a eficácia do modelo a ser criado no laboratório. Considerando a natureza prática do ambiente, onde os estudantes terão a oportunidade de manipular e entender sistemas reais, a decisão de utilizar ambientes contíguos foi fundamental. Essa proximidade facilita a compreensão dos sistemas elétricos, incentivando uma abordagem integrada no processo de aprendizado.

Foram cuidadosamente instalados vários tipos de interruptores e tomadas com a finalidade de oferecer uma compreensão abrangente das diferentes instalações elétricas no ambiente de modelagem. Cada um desses componentes desempenha um papel específico na configuração elétrica de modelagem, permitindo que os estudantes compreendam os detalhes das instalações elétricas de forma prática e educacional.

A inclusão da tomada de altura elevada tem como objetivo principal exemplificar a instalação típica de uma tomada destinada a um chuveiro elétrico. Isso é de extrema importância, uma vez que chuveiros elétricos são amplamente utilizados em banheiros residenciais e comerciais. Dessa forma, os alunos podem aprender como realizar conexões elétricas seguras para esse tipo de equipamento, considerando as normas e regulamentos necessários.

A tomada de altura baixa foi estrategicamente posicionada para atender a situações em que equipamentos ou dispositivos podem estar localizados próximos ao nível do chão. Essa escolha oferece uma visão prática de como a eletricidade pode ser fornecida a dispositivos que não podem ser facilmente conectados a tomadas em altura convencional.

Por fim, a tomada de altura média foi incluída para abranger uma ampla gama de necessidades de conexão elétrica. Sua versatilidade permite que os estudantes experimentem diferentes tipos de dispositivos e aparelhos, proporcionando uma compreensão completa das possibilidades oferecidas pela eletricidade.

Quanto aos interruptores, a instalação de um interruptor simples nas baias de modelagem hidráulica serve para ilustrar o conceito fundamental de ligar e desligar um dispositivo elétrico por um único ponto. Essa funcionalidade básica é essencial em qualquer instalação elétrica, e os alunos podem praticar sua operação e compreender seu funcionamento.

O interruptor paralelo, por sua vez, foi instalado em uma parede compartilhada entre duas baias adjacentes, permitindo o controle da iluminação em ambas as áreas a partir de dois pontos diferentes. Essa configuração representa o chamado sistema three-way. Foi incluído também um sistema four-way que se utiliza de dois interruptores paralelos e um interruptor intermediário. Tais sistemas comumente são utilizados em espaços onde é necessário controlar a iluminação de maneira flexível, como corredores longos ou ambientes amplos. A inclusão desses interruptores oferece uma oportunidade valiosa para os estudantes aprenderem como criar sistemas de controle de iluminação mais complexos.

Além disso, o Revit possui ferramentas dedicadas para a geração de listas de materiais. A guia "Gestão de Sistemas" ou "Gestão de Componentes" geralmente contém as opções relacionadas à criação de listas de materiais. Os usuários podem selecionar os elementos elétricos desejados e gerar automaticamente a lista de materiais correspondente. Oferece ainda opções para personalizar a aparência e o conteúdo da lista de materiais. Os usuários podem escolher os parâmetros a serem incluídos na lista, determinar a ordem de classificação, adicionar fórmulas para cálculos específicos, entre outros. Após gerar a lista de materiais, os usuários podem incorporá-la à documentação do projeto, como planilhas, desenhos ou relatórios. A lista de materiais é uma parte essencial da documentação técnica e pode ser compartilhada com outros membros da equipe, fabricantes ou empreiteiros.

Em resumo, a disposição estratégica desses interruptores e tomadas nas baias de modelagem elétrica proporciona uma experiência de aprendizado completa e prática, permitindo que os alunos adquiram



habilidades essenciais em instalações elétricas e compreendam a versatilidade das soluções elétricas disponíveis. A disposição das fiações elétricas e dos eletrodutos foi estrategicamente planejada em uma posição elevada, com o propósito de proporcionar uma visão clara e precisa das conexões e interações entre os fios. Essa abordagem visa aprimorar a compreensão dos estudantes sobre a maneira como os sistemas elétricos se entrelaçam e operam em um ambiente realista.

Além da vantagem visual, a colocação elevada das fiações também tem implicações na segurança e acessibilidade do laboratório. Ao manter esses elementos fora do alcance direto dos estudantes, é possível minimizar o risco de danos acidentais ou interrupções indesejadas. Isso permite que os alunos se concentrem em aprender e explorar sem preocupações excessivas com a manipulação física inadvertida dos sistemas.

Outro benefício notável dessa abordagem é a possibilidade de avaliar a organização e o traçado das fiações e canos em um ambiente virtual. Com essa visão panorâmica, os estudantes podem antecipar desafios de instalação, otimizar os percursos e identificar áreas onde a eficiência pode ser aprimorada. Isso reflete a abordagem realista do laboratório, preparando os alunos para enfrentar situações reais onde a consideração cuidadosa do layout é crucial.

c) Modelo de Instalações Hidrossanitárias

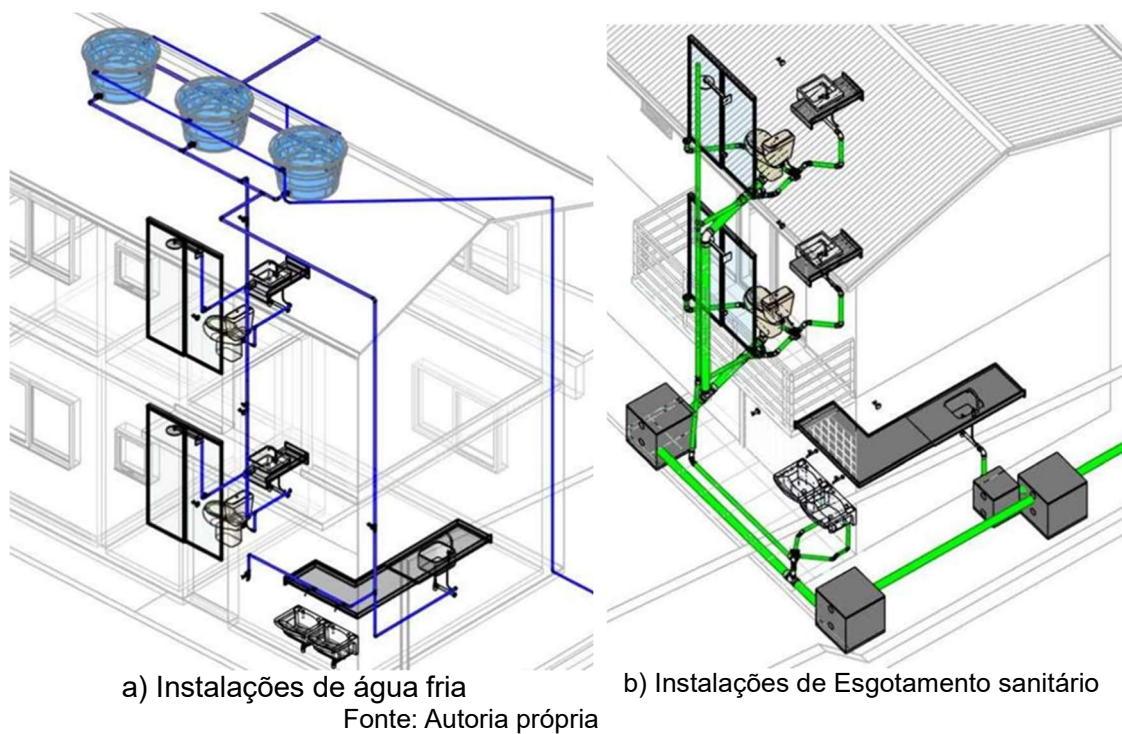
A modelagem hidráulica no Revit envolve a criação de representações virtuais dos sistemas hidráulicos, como abastecimento de água, drenagem e esgoto. Isso permite a análise e a otimização desses sistemas antes da construção. O Revit oferece componentes para modelar sistemas de tubulação, válvulas, torneiras, ralos e outros elementos hidráulicos. Através da modelagem hidráulica, é possível analisar o fluxo de líquidos nos sistemas, identificar possíveis pontos de obstrução, calcular as pressões e avaliar a eficiência do sistema. Assim como na modelagem elétrica, a modelagem hidráulica permite a detecção de conflitos entre sistemas, evitando problemas durante a construção. Com base na análise de fluxo e pressão, os engenheiros podem ajustar o dimensionamento dos componentes hidráulicos para otimizar o desempenho do sistema. O Revit gera automaticamente desenhos técnicos e listas de materiais a partir do modelo hidráulico, facilitando a criação de documentação de construção precisa.

A adoção da modelagem hidráulica no Revit está transformando a indústria da engenharia de várias maneiras. Primeiramente, está acelerando o processo de projeto, permitindo que os engenheiros desenvolvam sistemas hidráulicos de maneira mais rápida e eficiente. Além disso, a redução de erros e retrabalho economiza recursos e reduz os custos de construção.

A modelagem hidráulica no Revit também está capacitando os engenheiros a projetar sistemas mais complexos e inovadores. Com a capacidade de realizar análises detalhadas e simulações, eles podem explorar soluções criativas para desafios hidráulicos específicos. Por fim, a transição para a modelagem hidráulica no Revit está preparando a próxima geração de engenheiros com habilidades essenciais para enfrentar os desafios da engenharia hidráulica moderna. Os estudantes estão sendo treinados em ferramentas BIM desde cedo, garantindo que a indústria continue a avançar em direção a soluções mais eficientes e sustentáveis.

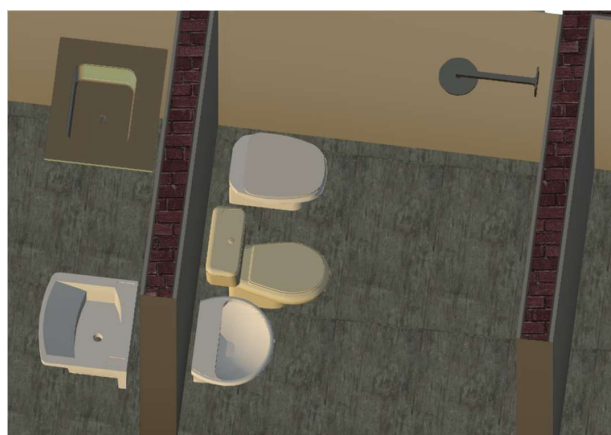
Em conclusão, a modelagem hidráulica no Revit está revolucionando a forma como projetamos e construímos sistemas hidráulicos. Essa abordagem integrada oferece benefícios significativos em termos de precisão, eficiência e colaboração, tornando-a uma parte essencial da engenharia contemporânea. À medida que a tecnologia continua a evoluir, podemos esperar avanços ainda mais impressionantes na modelagem hidráulica e na indústria como um todo. Na Figura 14 mostramos um exemplo da modelagem de instalações hidrossanitárias.

Figura 14 – Exemplo de modelagem virtual de instalações hidrossanitária



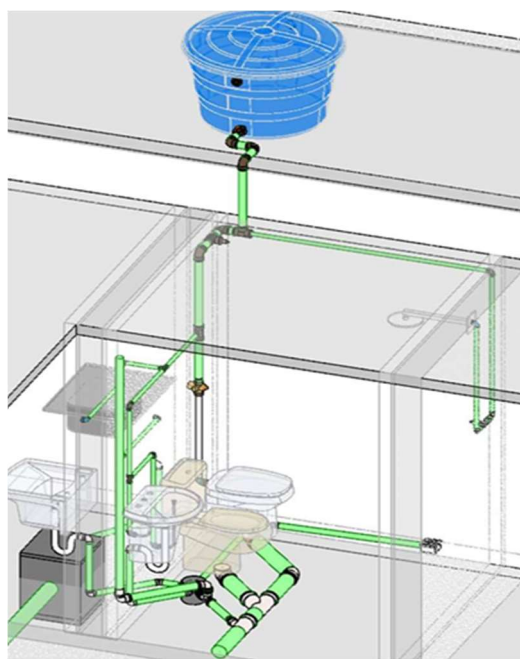
Para a criação do modelo didático foram consideradas instalações de água fria e esgotamento sanitário. Foram considerados um reservatório de água, um vaso sanitário com válvula de descarga, um vaso sanitário com caixa acoplada, um lavatório, um tanque, uma pia e um chuveiro (Figura 15).

Figura 15 – Peças hidrossanitárias consideradas

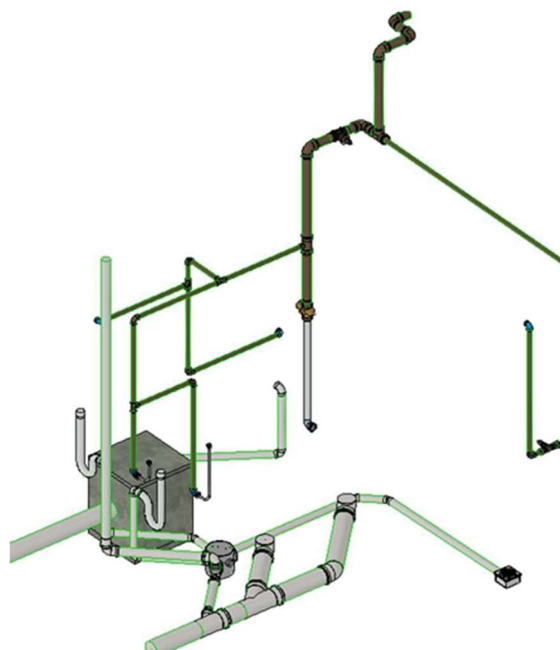


Fonte: Autoria própria

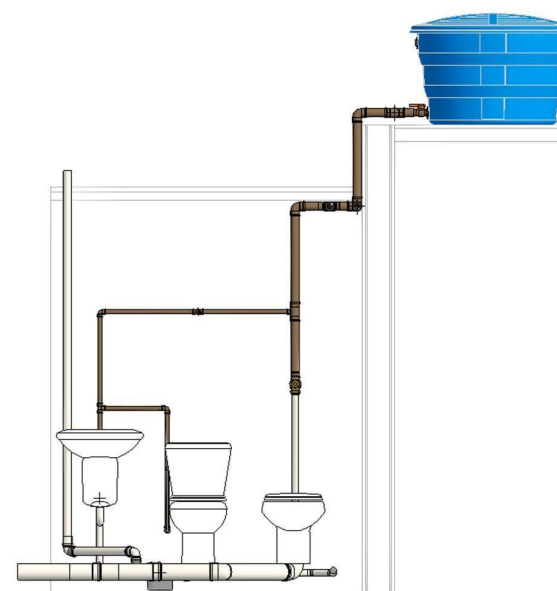
Figura 16 – Modelo de instalações hidrossanitárias considerado



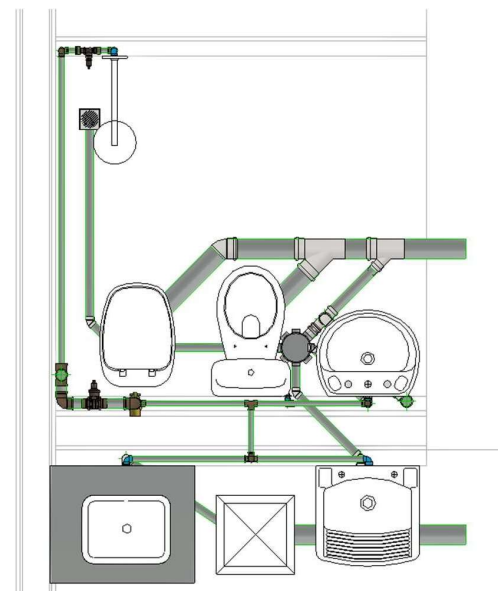
a) Vista completa das instalações



b) Tubulações caixas, registros e conexões



c) Instalações em vista

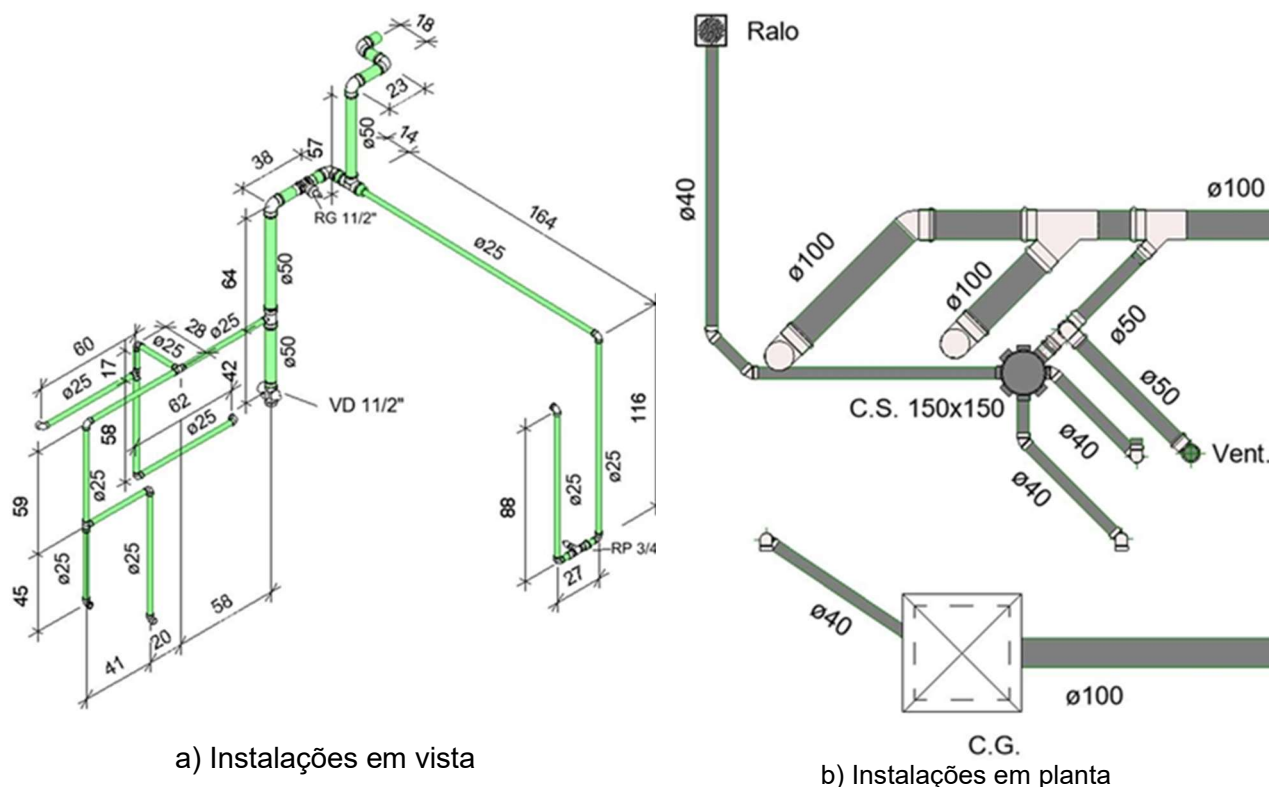


d) Instalações em planta

Fonte: Autoria própria

Do reservatório de água derivou uma tubulação de 50 milímetros para alimentar o vaso com válvula de descarga. Desta tubulação derivou uma tubulação de 25 milímetros para alimentar os demais pontos e foram inseridos os elementos de esgotamento sanitário recomendados como mostra a Figura 17. Diversas peças de utilização hidráulica foram estrategicamente posicionadas no laboratório do campus, seguindo um projeto meticuloso que visa criar um modelo físico para proporcionar uma compreensão mais abrangente e eficaz das funcionalidades desses componentes essenciais. Cada peça foi escolhida e colocada com um propósito específico, contribuindo para a formação prática e educacional dos alunos.

Figura 17 – Exemplo vistas de instalações hidrossanitária



a) Instalações em vista

b) Instalações em planta

Fonte: Autoria própria

Uma disposição cuidadosa das tubulações hidráulicas foi necessária com o intuito de oferecer uma visão clara e precisa das conexões e interações entre os encanamentos de forma a proporcionar aos alunos uma visualização privilegiada das nuances das instalações hidráulicas, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos sistemas. O Revit gera automaticamente documentação detalhada, como desenhos, cortes, elevações e listas de materiais. Isso simplifica o processo de criação de documentação técnica necessária para a construção e instalação dos sistemas hidráulicos e de esgoto.

A modelagem hidráulica no laboratório é uma iniciativa essencial para promover uma compreensão aprofundada e prática dos sistemas hidráulicos em um ambiente educacional ou de pesquisa. Esse processo envolve a criação de um modelo físico que replica componentes e operações reais de sistemas hidráulicos, permitindo que os estudantes, pesquisadores ou profissionais visualizem, analisem e experimentem os princípios e conceitos subjacentes.

A modelagem hidráulica proporciona uma oportunidade única para os envolvidos no aprendizado ou pesquisa entenderem de forma concreta como os sistemas hidráulicos funcionam. Isso vai além da teoria e das representações gráficas, permitindo que os participantes interajam diretamente com os componentes, observem o fluxo de líquidos e experimentem diferentes cenários de operação.

Ao enfrentar situações reais é possível identificar e resolver problemas práticos, ajustar configurações e observar as consequências de suas ações, o que ajuda a desenvolver habilidades essenciais de solução de problemas.

O Revit permite criar modelos virtuais altamente precisos de sistemas hidráulicos. Os componentes, como tubulações, válvulas, bombas e tanques, podem ser modelados com detalhes, garantindo que o modelo físico corresponda com precisão às especificações do projeto. Oferece ferramentas para realizar análises de



desempenho, incluindo simulações de fluxo de líquidos e cálculos de pressão. Isso é valioso para entender como o sistema hidráulico se comportará em diferentes cenários de operação. O software gera automaticamente desenhos técnicos, listas de materiais e documentação necessária para a construção do modelo físico. Isso economiza tempo e garante que o processo de construção seja baseado em informações precisas. Permite a colaboração entre diferentes partes interessadas no projeto, como engenheiros, arquitetos e construtores. Todos podem acessar o mesmo modelo 3D, o que facilita a comunicação e o compartilhamento de informações detalhadas. Fonte: Autoria própria

CONCLUSÕES:

Neste estudo tornou-se evidente que a integração da tecnologia virtual no ensino oferece uma abordagem inovadora e impactante para a formação de profissionais no campo da construção civil. Ao longo deste estudo, exploramos os benefícios fundamentais da simulação virtual, que transcende a mera transmissão de conhecimentos, permitindo uma imersão mais profunda e interativa.

A simulação virtual emergiu como uma ferramenta educacional essencial, proporcionando uma experiência prática que transcende as limitações dos métodos tradicionais. A aprendizagem ativa é promovida através da exploração virtual de conceitos teóricos e práticos, capacitando os alunos a participarem ativamente de seu próprio desenvolvimento acadêmico.

Destacamos a relevância da simulação virtual na facilitação da compreensão conceitual, oferecendo uma representação visual e interativa que supera as barreiras didáticas tradicionais. Esta abordagem demonstra uma adaptação efetiva à evolução tecnológica, preparando os alunos para enfrentar os desafios complexos da indústria de edificações.

Além disso, a eficiência no uso de recursos é uma vantagem notável, pois a simulação virtual reduz os custos associados a materiais físicos, otimiza o espaço de aprendizado e promove uma abordagem mais sustentável. Isso não apenas atende às demandas contemporâneas de eficiência, mas também destaca a responsabilidade ambiental na educação.

Reconhecemos os desafios enfrentados durante o desenvolvimento e implementação dos modelos virtuais, incluindo questões técnicas e resistência à adoção. No entanto, apresentamos estratégias viáveis para superar esses obstáculos, proporcionando *insights* valiosos para projetos futuros.

A simulação virtual revelou-se uma abordagem pedagógica transformadora, preparando os alunos para a prática profissional por meio de uma experiência educacional mais rica e alinhada com as demandas da indústria de edificações. Este projeto não apenas expandiu nosso entendimento sobre o potencial da tecnologia na educação, mas também aponta para futuras pesquisas e inovações que continuarão a moldar a forma como ensinamos e aprendemos nas disciplinas relacionadas a edificações.

Os modelos físicos não estão todos finalizados, mas já temos o primeiro modelo, em condições de ser utilizado em aulas práticas e já estando. Os demais modelos estão em fase de execução. Já se pode notar o ganho expressivo de aprendizagem dos alunos com a utilização desses modelos didáticos, que são em menor escala, podem ser manipulados em três dimensões virtualmente, visualizados fisicamente e na íntegra no Laboratório de Edificações e rico em detalhes que representam bem uma construção em escala maior.

Expressamos nossa profunda gratidão a todos que contribuíram para o sucesso deste empreendimento, reconhecendo o impacto duradouro que a simulação virtual pode ter na formação de profissionais competentes e inovadores na área da construção civil.

REFERÊNCIAS:

FONSECA, M. ; MAIDANA, N. L. 1; SEVERINO, E. 2; BARROS, S.; SENHORA, G. , VANIN, V. R. **O LABORATÓRIO VIRTUAL: UMA ATIVIDADE BASEADA EM EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE MECÂNICA.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4503. (2013)



seminário
de iniciação
científica

ISSN 2558-6052



GRILO, L.; MONICE, S.; SANTOS, E. T.; MELHADO, S. **POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO E LIMITAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** (2007).

MENEZES, G. L. B. B.; SILVA A. L.; SILVA I. G.; SILVA J. A.; LEITE C. N. M. **MATERIAL DE APOIO. AO ENSINO/APRENDIZAGEM COM SOFTWARE BIM.** Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI). Acre. 2015

PERTENCE, A. E. M.; SANTOS, D. M. C.; JARDIM, H. V. **DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE DESENHO MECÂNICO UTILIZANDO O CONCEITO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA.** Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia –COBENGE, 2001.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. **O ENSINO DE BIM NO BRASIL: ONDE ESTAMOS?.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SAMPAIO, A. Z.; HENRIQUES, P. G.; STUDER, P.; LUIZI, R. **Modelo Virtual da Construção de uma Ponte: Uma Aplicação Didática em Engenharia.** Portuguese Meeting on Computer Graphics 2004. DOI: <https://doi.org/10.2312/pt.20041504>