



ARTIGOS COMPLETOS .....	281
RESUMOS DE PESQUISA .....	296
RELATOS DE EXPERIÊNCIA .....	307

19 a 23 de outubro de 2020  
Anais do ENEPE  
ISSN 1677-6321

**Unoeste**

**ARTIGOS COMPLETOS**

ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DE COMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR UTILIZANDO AS FERRAMENTAS REVIT E NAVISWORKS .....282

## ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DE COMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR UTILIZANDO AS FERRAMENTAS REVIT E NAVISWORKS

Leonardo Nehring<sup>1</sup>, Gabriel Deltrejo Ribeiro<sup>2</sup>

Universidade Tecnológica Federal do Parana – UFTPR, <sup>2</sup>Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP. E-mail: [leonardo\\_nehring@hotmail.com](mailto:leonardo_nehring@hotmail.com)

### RESUMO

Profissionais da área AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) adotam novas práticas profissionais fazendo, cada vez mais, uso de tecnologias em seu ambiente de trabalho, desempenhando forte papel na elaboração de projetos mais eficientes, sustentáveis, inteligentes, visando minimizar retrabalhos e desperdício de materiais. Neste sentido, o BIM (*Building Information Modelling*) vem se destacando no cenário mundial, por se tratar de uma metodologia de trabalho que facilita a interoperabilidade e a colaboração entre profissionais em um mesmo empreendimento, minimizando erros e incompatibilidades entre projetos de diferentes disciplinas. Dessa forma foi verificado a compatibilidade entre os projetos arquitetônico, estrutural e elétrico, desenvolvidos em CAD (*Computer Aided Design*) de uma edificação unifamiliar através dos softwares Autodesk Revit 2018 e o Autodesk Navisworks 2018. Foi identificado e apresentado possíveis incompatibilidades do empreendimento, evidenciando a importância da comunicação entre os profissionais durante toda a etapa de estudo dos projetos, bem como a necessidade de se compatibilizar os projetos e a importância da adoção do processo BIM ao ambiente de trabalho do setor da construção.

**Palavras-chave:** BIM; *Building Information Modelling*; Navisworks; Projeto; Revit.

### CASE STUDY: VERIFICATION OF COMPATIBILITY AMONG PROJECTS OF A SINGLE-FAMILY RESIDENCE USING THE REVIT AND NAVISWORKS.

#### ABSTRACT

Professionals from the AEC (Architecture, Engineering and Construction) area adopt new professional practices, increasingly making use of technologies in their work environment, playing a significant role in the elaboration of more efficient, sustainable, intelligent projects, aiming to minimize rework and waste of materials. In this sense, the BIM (*Building Information Modelling*) has been standing out in the world scenario, because it is a work methodology that facilitates interoperability and collaboration between professionals in the same project, minimizing errors and incompatibilities between projects from different disciplines. Thus, the compatibility between architectural, structural and electrical projects, developed in CAD (*Computer Aided Design*) of a single-family building was verified through Autodesk Revit 2018 and Autodesk Navisworks 2018 software. Possible incompatibilities of the project were identified and presented, highlighting the importance of communication between professionals throughout the study stage of the projects, as well as the need to make the projects compatible and the importance of adopting the BIM process to the working environment of the construction sector.

**Keywords:** BIM; *Building Information Modelling*; Navisworks; Project; Revit.

### 1. INTRODUÇÃO

A concepção de uma edificação é comumente conhecida por ser realizada em etapas, estas possuem uma ligação direta entre si, em outras palavras, caso haja algum erro no decorrer do projeto este impactará nas diversas etapas seguintes, originando despesas que não foram mensuradas durante a

elaboração do orçamento do empreendimento, resultando em uma margem de lucro menor ao investidor ou até inviabilizando o empreendimento.

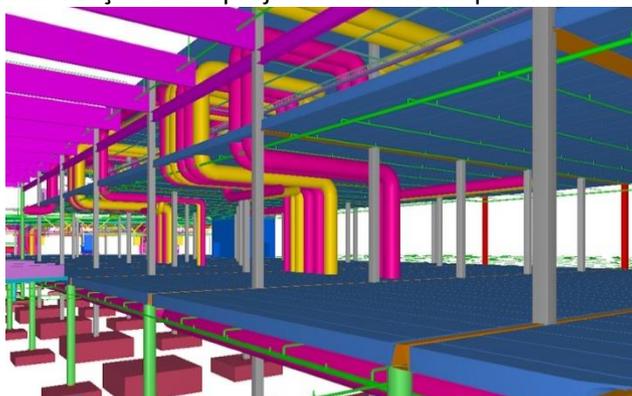
No âmbito das construções, novas tecnologias surgem a fim permitirem entregas de projetos e ideias mais seguras, eficientes, sustentáveis, econômicas, minimizando retrabalhos, desperdícios e improvisos nas etapas construtivas. Dessa forma a plataforma de tecnológica BIM (*Building Information Modelling*) vem se mostrando uma boa solução para elaboração de obras com desempenho superior ao se comparar com as obras elaboradas de forma tradicional, apenas com o uso do CAD (*Computer Aided Design*). Esse desempenho, segundo Honda (2016), é possível devido a capacidade de armazenagem de dados da edificação, assim quanto mais informações forem fornecidas ao banco de dados maior será a precisão do mesmo, resultando em quantitativos e orçamentos mais consistentes ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, isto é, antes, durante e após sua execução.

A plataforma também é capaz de centralizar as informações em um único modelo de trabalho, sendo esse um grande diferencial, integrando os projetos em tempo real, garantindo que não haja interferência ou sobreposições dos diversos serviços que estão sendo desenvolvidos e planejados no projeto. É estimado que cerca de 30% do trabalho realizado em uma construção é destinada ao retrabalho, ocorrendo também a perda de tempo e esforço das equipes nos canteiros de obras em busca de ajustar o projeto com a execução (GANAH; BOUCHLAGHEM; ANUMBA, 2005 apud EGAN, 1998).

Ao contrário do CAD – o qual os projetos são elaborados utilizando linhas, arcos, textos e formas geométricos padrões – as camadas de informações, ou dimensões, presentes no BIM, permitem aos profissionais da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) uma maior visibilidade e detalhamento da obra em questão, evitando adversidades como a incompatibilidade entre projetos, erros de quantitativo, retrabalhos e atrasos no avanço da obra.

A compatibilização apresentada por Graziano (2013) consiste em verificar se existem sobreposições entre os componentes dos sistemas projetados, de maneira que os dados compartilhados apresentem consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e da obra. Portanto, a compatibilidade é atingida mediante a união dos projetos de diferentes disciplinas e de forma harmônica, assim não apresentará encontros indesejáveis entre os elementos da construção, como representado na Figura 1.

**Figura 1.** Esquema de compatibilização entre projetos com uso do processo de trabalho em BIM



**Fonte:** reproduzido de SALLA (2015).

Empresas privadas e instituições públicas que investiram na adoção da plataforma BIM relatam de forma positiva que houve um retorno dos seus investimentos para implantar o processo em suas rotinas, a maior parte dos entrevistados certificam que a visualização proporcionada pela plataforma permite uma melhor compreensão do projeto, melhor controle de custos, minimização de problemas durante a construção relacionada a erros antes de projeto, problemas de coordenação ou erros construtivos. Assim, apresentam um resultando rápido de crescimento em nível de utilização ao redor do mundo em um curto período (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014).

O uso do BIM nas construções brasileiras ainda é pequeno com apenas 9,2% das empresas no setor da construção adotando o processo em seus ambientes de trabalho (MDIC, 2018), embora os profissionais

da área atribuem que o uso do BIM é muito relevante para a melhoria do desempenho do setor da construção (KASSEM; AMORIM, 2015).

Para incentivar o uso da plataforma tecnológica BIM no Brasil, em maio de 2018 foi assinado pelo presidente da república o decreto Nº 9.377, o qual consiste na disseminação do BIM por meio da “Estratégia BIM BR. Para Wong, Wong e Nandeem (2009) é de suma importância que haja um forte apoio efetivo do setor público para implementar o BIM, da mesma maneira que ocorreu em países como Dinamarca, Noruega, Finlândia e Singapura.

Nesse estudo foi trabalhado com as dimensões planares (2D) e volumétricas (3D), quanto a representação gráfica em planta do empreendimento e o desenvolvimento do mesmo utilizou-se a vista espacial, de forma que foi possível verificar a compatibilidade entre os projetos de arquitetura, estrutura e instalação elétrica, de uma edificação unifamiliar assobradada.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada a modelagem tridimensional dos projetos utilizando o *software* Autodesk Revit 2018 de forma que foi possível evidenciar os elementos que possivelmente se sobreporiam ao se unificar os projetos. Essa modelagem dos projetos foi realizada com base nos projetos elaborados anteriormente em CAD, esses fornecidos pela incorporadora participante do estudo em que a sua identidade será preservada. Assim a união foi feita com o uso do *software* Autodesk Navisworks. Em seguida, foi realizada a análise de compatibilidade e verificada através da ferramenta *Clash Detection*, presente no Navisworks.

### 2.1. SOFTWARES EMPREGADOS

#### 2.1.1. AUTODESK REVIT

O Revit é um *software* de desenvolvimento de projetos multidisciplinar voltado a AEC, em que 2002 foi incorporado a Autodesk. Ele possibilita aos profissionais da construção ferramentas para o desenvolvimento de projetos de diferentes disciplinas (arquitetônico, estrutural e complementares), assim como o compartilhamento do trabalho entre estes, permitindo que todos os colaboradores compartilhem e alterem informações de um mesmo projeto. Sua grande gama de ferramentas e capacidades de trabalho, tais como, realização de projetos em vistas tridimensionais, confecções e utilização de famílias paramétricas, e adições de informações relativas as diferentes dimensões de trabalho, revolucionou o processo de trabalho BIM (Quirk, 2012).

Dentre todos os *softwares* disponíveis no mercado o Revit foi escolhido para aplicação devido a sua facilidade de manuseio, grande quantidade de informações a seu respeito disponíveis na internet, por se tratar de um programa em ascensão, e pela sua interoperabilidade com o Autodesk Navisworks.

#### 2.1.2. AUTODESK NAVISWORKS

Diferente do Revit, o Navisworks é um *software* voltado somente ao gerenciamento de projetos. Com ele é possível centralizar os projetos em um único arquivo, facilitando o entendimento aos colaboradores do que está sendo proposto, assim como a detecção de incoerências durante a etapa de execução dos projetos (AUTODESK, 2019).

O Navisworks foi utilizado nesse trabalho para unificar os projetos modelados. Em seguida foi realizada a verificação das sobreposições entre os modelos com a ferramenta *Clash Detective*, gerando uma lista de informações que posteriormente foram analisadas nas as etapas seguintes.

### 2.2. PROJETOS ESTUDADOS

#### 2.2.1. PROJETO ARQUITETÔNICO

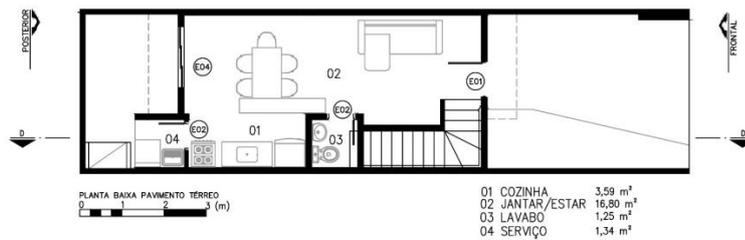
A aplicação do trabalho foi realizada com base nos projetos disponibilizados pela incorporadora participante do estudo, de uma de suas obras já em andamento, localizada no município de Presidente Prudente, São Paulo. A edificação consiste em um sobrado unifamiliar com 57,84 m<sup>2</sup> de área construída, do

programa de financiamento Minha Casa Minha Vida do Governo Federal através da Caixa Econômica Federal.

O projeto arquitetônico (ver Figura 2, Figura 3, Figura 4. Vista do corte longitudinal

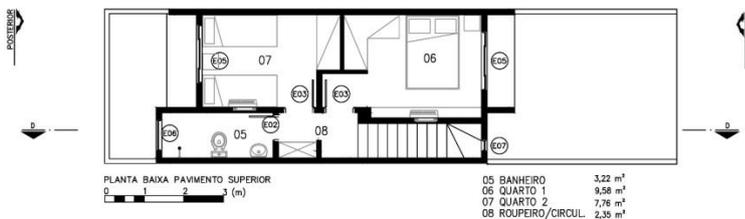
) prevê vedação das paredes em alvenaria, com espessuras em osso de 14 cm, 11,5 cm e 9 cm. O pavimento térreo do sobrado é composto por uma sala de estar e jantar, uma cozinha, um lavabo, uma área de serviço, área de lazer com churrasqueira e garagem coberta. No pavimento superior há dois quartos, e um banheiro.

**Figura 2.** Planta baixa do pavimento térreo



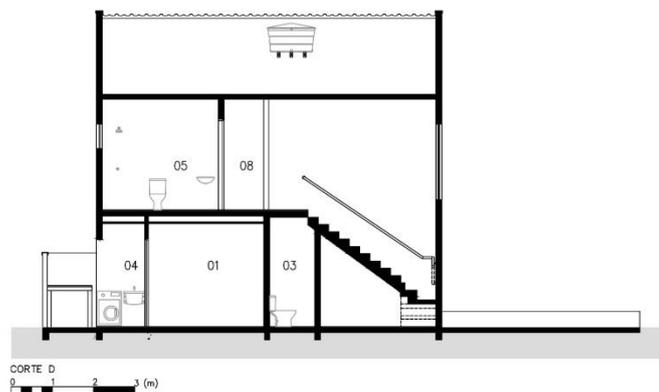
Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 3.** Planta baixa do pavimento superior



Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 4.** Vista do corte longitudinal

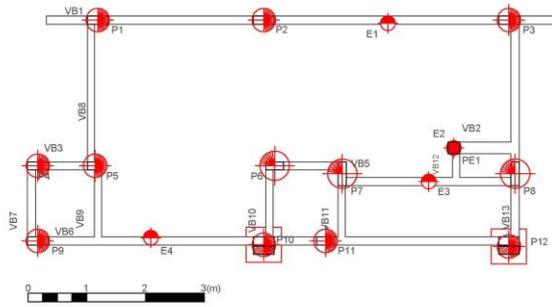


Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

### 2.2.2. PROJETO ESTRUTURAL

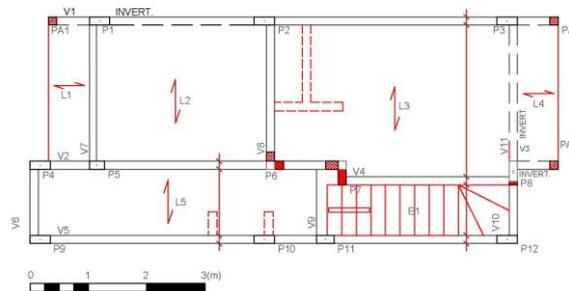
A estrutura do empreendimento foi projetada como um sistema estrutural de seção ativa em concreto armado, sendo composta por lajes pré-moldadas, vigas, pilares e fundação profunda, ver Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, e Figura 9.

**Figura 5.** Planta de forma das vigas do pavimento térreo



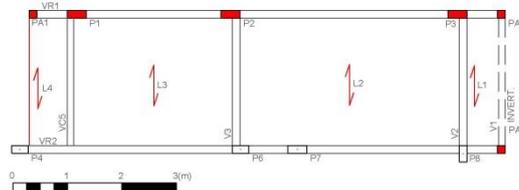
Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 6.** Planta de forma das vigas do pavimento superior



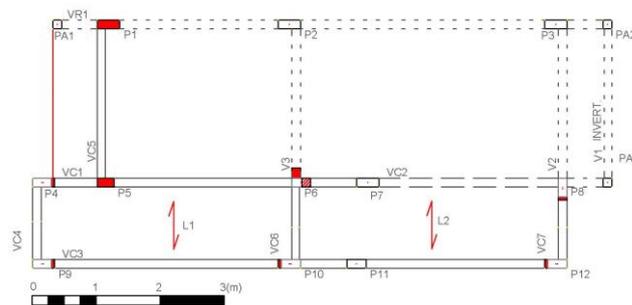
Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 7.** Planta de forma das vigas da cobertura 1



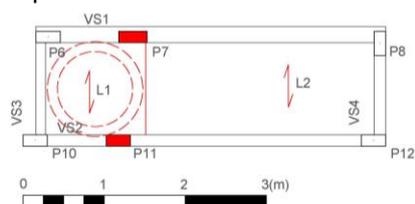
Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 8.** Planta de forma das vigas da cobertura 2



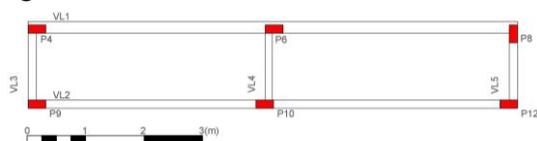
Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 9.** Planta de forma das vigas do piso do barrilete



Fonte: Adaptado do autor do projeto (2020).

**Figura 10.** Planta de forma das vigas da cobertura do barrilete

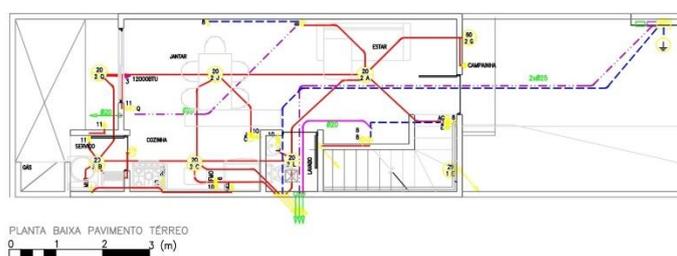


Fonte: Adaptado do autor do projeto (2020).

### 2.2.3. PROJETO ELÉTRICO

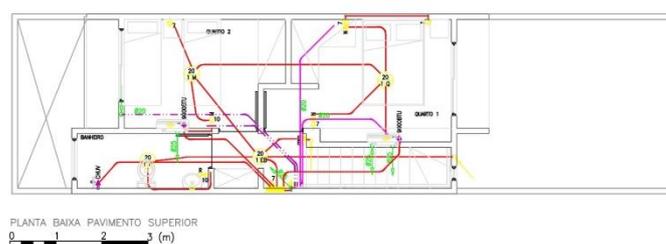
A instalação elétrica é composta por pontos de iluminação de teto e parede, tomadas, interruptores, quadro de energia e são interligados por conduítes corrugados flexíveis em PVC, com diâmetros de 20, e 25 milímetros, ver Figura 11 e Figura 12.

**Figura 11.** Vista do pavimento térreo do projeto elétrico



Fonte: Adaptado do autor do Projeto (2020).

**Figura 12.** Vista do pavimento superior do projeto elétrico



Fonte: Adaptado do autor do projeto (2020).

## 3. MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

Levando em consideração o tema delimitado em estudo, o nível de detalhamento (ND) se absteve as características geométricas para o processo de modelagem dos elementos de cada projeto, ND 200/300, de forma que possibilite visualizar as sobreposições entre estes ao realizar a união dos projetos.

### 3.1. PROJETO ARQUITETÔNICO

A modelagem do projeto arquitetônico foi realizada levando em considerações as dimensões informadas no projeto disponibilizado pela incorporadora. Inicialmente o projeto em CAD foi vinculado ao

Revit, possibilitando maior precisão e autenticidade das dimensões geométricas em relação ao original, fator de grande importância, pois posteriormente o modelo arquitetônico serve como base para a confecção de demais projetos no *software*. Para a sua confecção foram utilizadas as famílias (componentes) do próprio *software* e de *sites* de compartilhamento de famílias, sendo realizado a alteração dos parâmetros geométricos de forma que atenda o projeto original.

Durante a modelagem é possível constatar incongruência de informações no projeto, como a divergência de dimensões entre a planta baixa e a tabela de esquadrias, ocorrendo nas portas dos quartos (E03) e da janela da área da escada (E07), ilustrado pela Figura 13 e Figura 14. Neste caso as dimensões adotadas foram as do quadro de esquadrias, conforme a

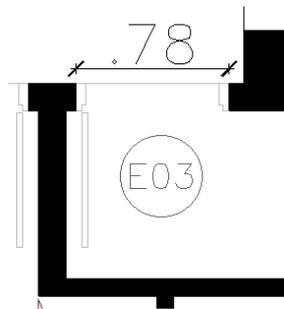
Tabela 1. O resultado da modelagem tridimensional do projeto arquitetônico segue conforme a Figura 15.

**Tabela 1.** Quadro de esquadrias

COD.	TIPO	MATERIAL	DIMENSÃO (CM)	PEITORIL	QNT.
E01	Porta de abrir	Alumínio	0,86 x 2,15	-	1
E02	Porta de abrir	Madeira	0,7x2,15	-	3
E03	Porta de abrir	Madeira	0,9x2,15	-	2
E04	P.Correr 3 folhas	Vidro	1,5x2,13	-	1
E05	J.Correr 4 folhas	Vidro	1,5x1,0	1,1	2
E06	Janela Maxim Ar	Vidro	0,8x0,6	1,5	1
E07	Janela Basculante	Vidro	0,3x2,1	2,85	1

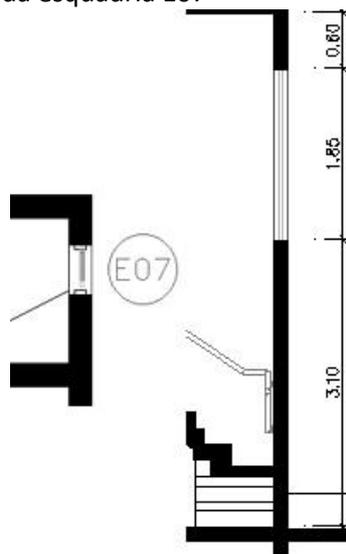
**Fonte:** Adaptado do autor do projeto (2020).

**Figura 13.** Dimensão da esquadria E03



**Fonte:** Adaptado do autor do projeto (2020).

**Figura 14.** Vista em planta e em corte da esquadria E07



**Fonte:** Adaptado do autor do projeto (2020).

**Figura 15.** Vista tridimensional do modelo arquitetônico



**Fonte:** Autoria própria (2020).

### 3.2. PROJETO ESTRUTURAL

Diferentemente do projeto arquitetônico, não foi possível realizar a vinculação direta do projeto estrutural em CAD com o Revit, devido ao fator de escala do projeto. Para solucionar o problema foi necessário escalonar as plantas baixas antes de o importar ao Revit.

Para a modelagem da estrutura foram utilizadas as famílias de vigas, pilares e lajes presentes no *software*, sendo necessário somente realizar a alteração das medidas geométricas dos elementos. O resultado da modelagem do projeto estrutural segue conforme a Figura 16.

**Figura 16.** Vista tridimensional do projeto estrutural

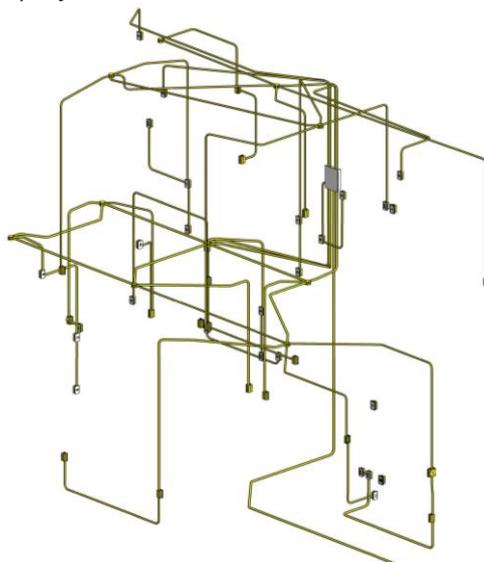


**Fonte:** Autoria própria (2020).

### 3.3. PROJETO ELÉTRICO

Assim como os projetos anteriores, para execução do projeto elétrico no Revit foi realizada a vinculação do projeto arquitetônico. O resultado da modelagem do projeto elétrico segue conforme a Figura 17.

**Figura 17.** Vista em perspectiva do projeto elétrico



**Fonte:** Autoria própria (2020).

#### 4. ESTUDO DE COMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS

Ao finalizar as modelagens das disciplinas de projetos, é necessário exportá-los com formato IFC (*Industry Foundation Classes*), para que seja possível os inserir em seguida no Navisworks. Após inseridos, os modelos são submetidos ao teste de discordância por meio do uso da ferramenta *Clash Detective*, que verifica a existência de sobreposições entre os projetos.

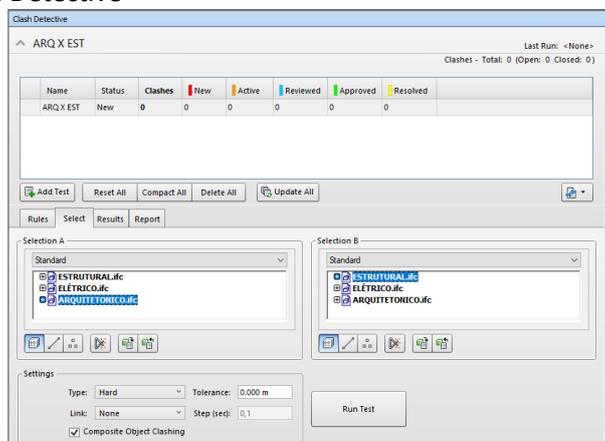
O relatório gerado pelo Navisworks deve ser analisado, item a item, identificando os conflitos problemáticos, visto que a maioria deles não apresentam malefícios ao decorrer nas demais etapas de construção, como por exemplo a sobreposição de parede com pilares, que acontece devido ao processo de modelagem do Revit.

##### 4.1. ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL

Os projetos arquitetônico e estrutural são unificados, conforme a Figura 19, em seguida é criado o teste de conflito, e executada a ferramenta *Clash Detective*. O valor da tolerância é zerado, como representado no campo *Tolerance* na

Figura 18, de forma que evidencie todos elementos conflitantes. A título de realizar uma filtragem previa dos conflitos não problemáticos, são ocultadas as paredes do projeto arquitetônico, visto que os encontros delas com a estrutura não são considerados incompatibilidades.

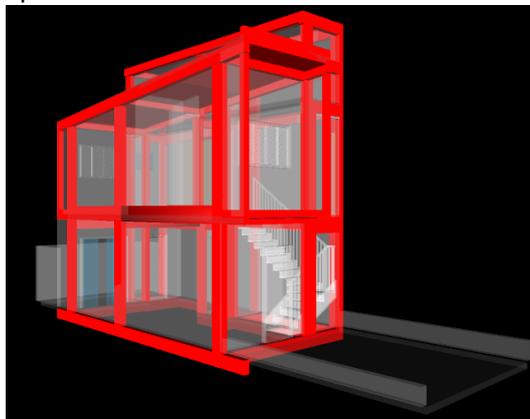
**Figura 18.** Ferramenta *Clash Detective*



**Fonte:** Autoria própria (2020).

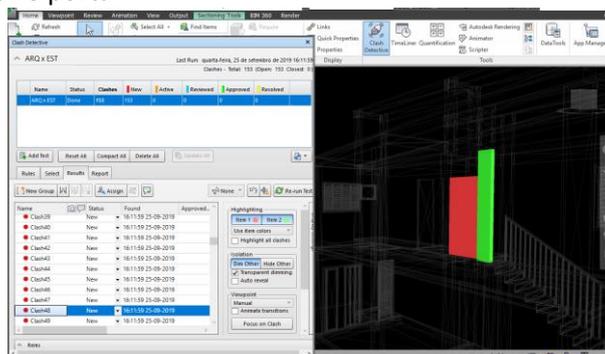
Ao todo foram detectados 153 conflitos (*Clashes*), porém deste total apenas um é considerado como problemático, o qual se refere ao encontro entre pilar e porta do cômodo “Quarto 1”, como representado em verde e vermelho, respectivamente, pela Figura 20.

**Figura 19.** União dos projetos arquitetônico e estrutural



**Fonte:** Autoria própria (2020).

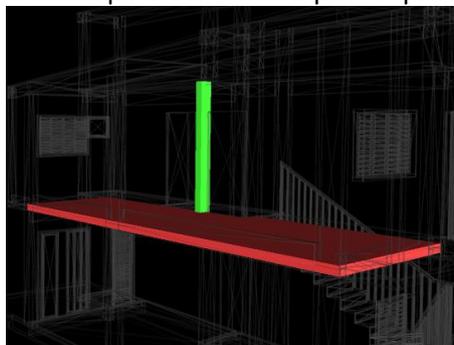
**Figura 20.** Conflito entre pilar e porta



**Fonte:** Autoria própria (2020).

A maioria dos conflitos evidenciados não são problemáticos, são sobreposições identificadas pelo *software*, como por exemplo o encontro do pilar estrutural e o piso arquitetônico, elucidado pela Figura 21, que foi modelado no projeto arquitetônico por exigência do *software* para a confecção do projeto no Revit.

**Figura 21.** Conflito não problemático entre pilar estrutural e piso arquitetônico

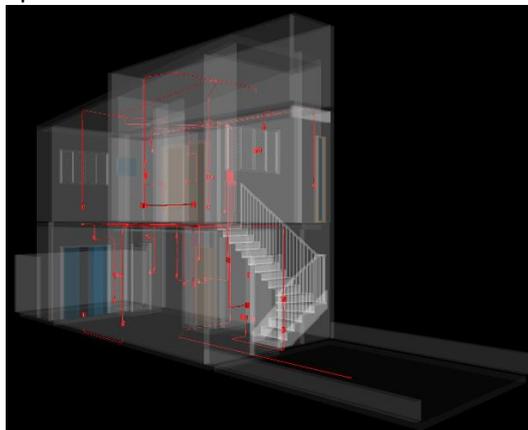


**Fonte:** Autoria própria (2020).

## 4.2. ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO

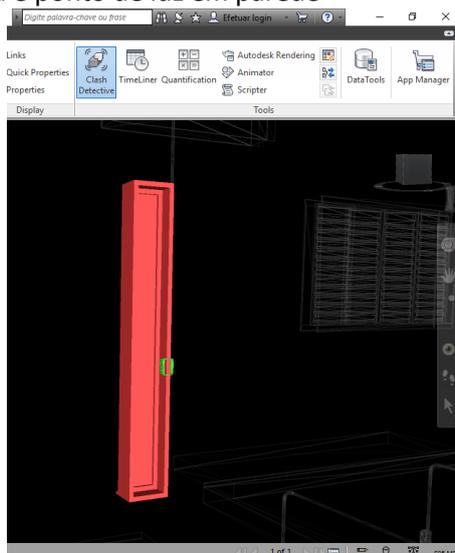
Ao unir os modelos arquitetônico e elétrico, ilustrado pela Figura 22, e submetê-los ao teste de discordância, evidencia-se o conflito entre o ponto de energia da arandela com a janela junto a escada, os elementos são representados em verde e vermelho, respectivamente, pela Figura 23.

**Figura 22.** União dos projetos arquitetônico e elétrico



**Fonte:** Autoria própria (2020).

**Figura 23.** Conflito entre esquadria e ponto de luz em parede

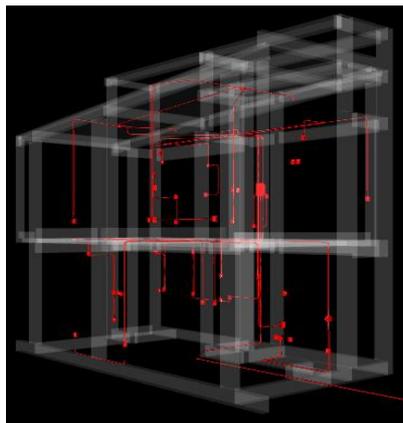


**Fonte:** Autoria própria (2020).

## 4.3. ESTRUTURAL X ELÉTRICO

Representado pela Figura 24, a união dos modelos estrutural e elétrico, seguida pela utilização da ferramenta *Clash Detective*, evidencia a passagem de conduítes por vigas, estes não são considerados como incompatibilidades, por se possuírem seções transversais ligeiramente menores do que a dos elementos de vigas.

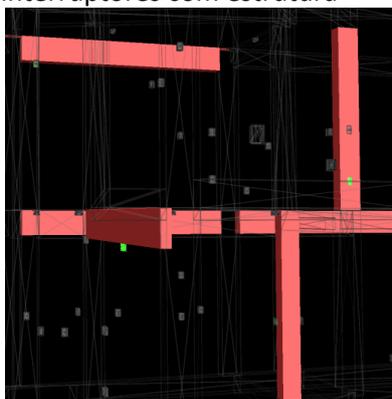
**Figura 24.** União dos projetos estrutural e elétrico



**Fonte:** Autoria própria (2020).

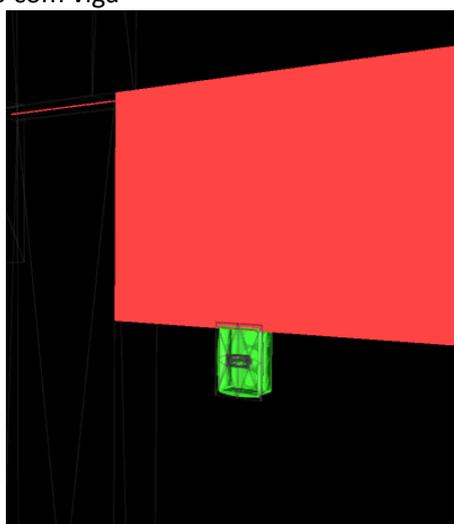
Enquanto que o encontro de tomadas altas (Figura 26), como a do chuveiro, do exaustor da cozinha e do ar condicionado na sala de estar, com as vigas e de interruptores com pilares nos ambientes “quarto 1” e “cozinha”, se enquadram como incompatibilidades. As sobreposições dos elementos são ilustradas pela Figura 25.

**Figura 25.** Conflitos entre tomadas e interruptores com estrutura



**Fonte:** Autoria própria (2020).

**Figura 26.** Tomada alta em conflito com viga



**Fonte:** Autoria própria (2020).

#### 4.4. LEVANTAMENTO DAS INCOMPATIBILIDADES E ANÁLISE

Após identificar as incompatibilidades utilizando o Navisworks é realizado o planilhamento das mesmas. É constatado que todas as disciplinas estudadas apresentam incompatibilidades de projeto, como representa a Tabela 2

**Tabela 2.** Incompatibilidades identificadas

Nº	Disciplinas conflitantes	Clash
1	Arquitetônico x Arquitetônico	Divergências de dimensões de esquadrias entre tabela e desenho
2	Arquitetônico x Estrutural	Pilar em conflito com porta
3	Arquitetônico x Elétrico	Ponto de arandela sobre janela
4	Estrutural x Elétrico	Tomada posicionada sobre viga
5	Estrutural x Elétrico	Interruptor e tomada posicionada junto ao pilar

Fonte: Autoria própria (2020).

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do Revit e do Navisworks para verificação da compatibilidade entre os projetos estudados obteve êxito. O resultado do estudo evidencia as sobreposições, e suas respectivas localizações no modelo. Assim como também é possível identificar incongruências entre as informações nos projetos quando analisados isolados.

O Revit, portanto, mostrou-se eficiente durante a modelagem dos projetos, permitindo prever possíveis inconformidades durante a elaboração e confecção destes. Já em conjunto com o Navisworks, foi possível ter uma melhor visualização do empreendimento permitindo uma melhor interação entre os projetos.

A utilização das duas ferramentas se demonstra como uma boa prática a ser implementada no setor de AEC para o desenvolvimento de projetos. Visto que a possibilidade de vincular modelos de diferentes disciplinas no Revit permite a identificação de incompatibilidades que ocorreram na etapa da concepção do projeto, que antes eram ocultas por estarem isolados e não se comunicarem. Somando a isso, o *Clash Detective* do Navisworks encontra a parcela restante das incompatibilidades, que ocorrem devido aos conflitos de elementos entre diferentes projetos, auxiliando o trabalho de gestores de projetos.

Portanto, o estudo demonstra o benefício da adoção das ferramentas em BIM no meio de trabalho do setor da construção. Disseminar e estimular o uso da plataforma BIM, tanto por iniciativa pública através de regulamentações e exigência em editais, como também por parte do setor privado, com o incentivo a pesquisas e desenvolvimento de ferramentas, favorecem toda a cadeia de produção do setor, desde o projetista, que passa a produzir modelos mais complexos e inteligentes de forma automatizada. O profissional de execução, que passa a dispor de projetos mais assertivos e informativos, reduzindo a ocorrência de atrasos. E por fim, ao consumidor, que recebe seu empreendimento em dia, sem custos adicionais, e com qualidade.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade do Oeste Paulista, pelo desenvolvimento do encontro de pesquisas, e ao Gabriel Deltrejo Ribeiro, membro do corpo docente no curso de engenharia civil, pelo auxílio prestado a presente pesquisa. A Revista Colloquium pela oportunidade de divulgação do trabalho. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco, pelos anos de ensinamento e formação. E por fim, a todos profissionais da educação e pesquisadores, que apesar de desdenhados pela própria pátria, não medem esforços nem fogem a luta pela formação de uma sociedade instruída, e liberta.

#### REFERÊNCIAS

AUTODESK. NAVISWORKS Análise do Modelo 3D para arquitetura, engenharia e construção. Autodesk, 2019. Disponível em: <[www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview](http://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview)>. Acesso em: 07 ago. 2019.

GANAH, A. A.; BOUCLAGHEM, N. B.; ANUMBA, C. J. **VISCON: COMPUTER VISUALISATION SUPPORT FOR CONSTRUCTABILITY**, 2005. Disponível em: <[https://www.itcon.org/papers/2005\\_7\\_content.08513.pdf](https://www.itcon.org/papers/2005_7_content.08513.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2018.

GRAZIANO, F. P. Aula ministrada - Mestrado Profissional. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Compatibilização de projetos**, 2013. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/pef604/PEF640-Impactos%20do%20Projeto.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2018.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **BIM Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**, 2015. Disponível em: <<http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>>. Acesso em: 18 novembro 2018.

HONDA, V. Y. **AVALIAÇÃO DO SOFTWARE AUTODESK REVIT 2016 PARA QUANTIFICAÇÃO POR MEIO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139291/000865627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 out. 2018.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM fo Owners**, 2014. Disponível em: <[https://i2sl.org/elibrary/documents/Business\\_Value\\_of\\_BIM\\_for\\_Owners\\_SMR\\_\(2014\).pdf](https://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **MDIC e Prefeitura do Rio assinam acordo que incentiva o uso do BIM em obras públicas da Região Metropolitana da capital fluminense**, 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/component/content/article?id=3419>>. Acesso em: 27 out. 2018.

QUIRK,. A Brief History of BIM. **Archdaily**, 2012. Disponível em: <[www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim](http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim)>. Acesso em: 07 ago. 2019.

SALLA, F. The model viewer for your architectural designs: Solibri. **VisualARQ**, 2015. Disponível em: <<https://www.visualarq.com/2015/02/24/the-model-viewer-for-your-architectural-designs-solibri/>>. Acesso em: 07 out. 2019.

WONG, ; WONG, F. K. W.; NANDEEM, A. **COMPARATIVE ROLES OF MAJOR STAKEHOLDERS FOR THE IMPLEMENTATION OF BIM IN VARIOUS COUNTRIES**, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228743459\\_Comparative\\_Roles\\_of\\_Major\\_Stakeholders\\_for\\_the\\_Implementation\\_of\\_BIM\\_in\\_Various\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/228743459_Comparative_Roles_of_Major_Stakeholders_for_the_Implementation_of_BIM_in_Various_Countries)>. Acesso em: 27 out. 2018.

## RESUMOS DE PESQUISA

ANÁLISE DE PILARES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO .....	297
ANÁLISE TEÓRICA DA APLICAÇÃO DE PERFIS FORMADOS A FRIO COMO MONTANTES DE PILARES TRELIÇADOS ESPACIAIS .....	298
AVALIAÇÃO DO LÍQUIDO RESIDUAL DA VINHAÇA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SUBSTITUIÇÃO À ÁGUA EM MATRIZ CIMENTÍCIA .....	299
COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS: CONVENCIONAL E MISTO DE PAREDE DE CONCRETO COM STEEL FRAME.....	300
COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO E TUBULÃO À CÉU ABERTO .....	301
COMPORTAMENTO DAS FUNDAÇÕES E SUAS PATOLOGIAS DO ESTÁDIO CÍCERO POMPEU DE TOLEDO - SÃO PAULO/SP .....	302
ESTUDO DE CASO: REFORÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO AUMENTO DE CARGA NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP .....	303
ESTUDO E PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS SUSCETÍVEIS EM UM PROJETO DE CONTENÇÃO .....	304
PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES EM SOLOS COLAPSÍVEIS.....	305
REAPROVEITAMENTO DE AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS....	306

---

## ANÁLISE DE PILARES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

CAROLINE STURARO RIBAS  
FELIPE STERZA MARCONATO  
RITERSON JACQUES NUNES

Incêndios em edificações correspondem a 37,4% do total de registros de incêndios no mundo, acarretando danos materiais, sociais e risco à vida; sendo exemplo o colapso do prédio Wilton Paes de Almeida, vitimando 9 pessoas no em São Paulo. Para estudar os impactos do fogo nas estruturas de concreto armado são necessárias análises mais aprofundadas, visto que os incêndios e as edificações possuem suas peculiaridades. Analisar o comportamento térmico de pilares de concreto armado em situação de incêndio, uma vez que as alterações provocadas na microestrutura do concreto e nas propriedades do material influencia o projeto e planejamento de estruturas. Ainda, há a necessidade de se executarem modelos simplificados para compreender o desempenho térmico e posteriormente utilizá-los em estudos mais avançados sobre o desempenho mecânico da estrutura. Foram elaborados modelos tridimensionais de pilares de concreto armado através do software Solidworks a fim de analisar numericamente, via método dos elementos finitos, considerando as variações das propriedades físicas e mecânicas dos materiais, devido ao incremento da temperatura. Para isto foram desenvolvidas simulações de incêndio em pilares de três metros de comprimento com seções quadradas de 19x19, 30x30, 40x40 e 50x50, e retangular de 100x20. Foram considerados os incrementos de temperatura em função do tempo conforme a curva padrão de incêndio, indicada pela NBR 14432:2001 e pela ISO 834-1:1999. A norma brasileira NBR 15200:2012 define os critérios de projeto de estruturas e apresenta valores de parâmetros físicos e térmicos dos materiais, como por exemplo condutividade térmica e calor específico, atribuídos ao material utilizado nos modelos numéricos. O tempo de exposição ao fogo foi adotado como 30 minutos e em todos os casos a máxima temperatura atingida foi de 841 °C. A temperatura mínima interna variou entre todas as seções analisadas, evidenciando a importância das dimensões dos pilares e da espessura de proteção das armaduras, visto que a variação da temperatura interna dos pilares nos 10 cm iniciais externos permaneceu constante em todos os modelos. Por meio dos estudos realizados foi possível observar que as estruturas de maiores dimensões são menos afetadas pela variação de temperatura, proporcionando maior segurança à edificação. Ademais, o software utilizado apresentou bom desempenho e confiabilidade nos resultados, se certificando como uma opção segura para estudos térmicos. Órgão de fomento financiador da pesquisa: Não há órgão financiador.

---

## ANÁLISE TEÓRICA DA APLICAÇÃO DE PERFIS FORMADOS A FRIO COMO MONTANTES DE PILARES TRELIÇADOS ESPACIAIS

DANILO MENEZES ZAMBRANO  
LARISSA MARIA FERREIRA ALVES  
MATHEUS LESSA MOREIRA  
RITERSON JACQUES NUNES

O presente trabalho traz uma análise sobre montantes, de pilares treliçados espaciais compostos por perfis formados a frio, sujeitos à compressão axial. Sendo amplamente aplicados em construções de aço, e com a sua crescente utilização, estudos sobre pilares treliçados são muito escassos, principalmente com perfis formados a frio. Desta forma há a necessidade de se obter dados para comprovar a eficácia deste tipo de elemento estrutural, através de métodos analíticos e computacionais sobre o comportamento de tais elementos. O objetivo é verificar, com o auxílio do software CUFSM, que opera pelo Método das Faixas Finitas, os modos de instabilidades locais e globais que cada perfil analisado está submetido, e a resistência à flambagem pelo Método da Resistência Direta (MRD). Foram examinados perfis duplos U, com e sem enrijecedores, atuando como montantes de treliças espaciais, variando sua seção transversal. Bastos (2019) apresentou resultados para modelos sem dobras, utilizando o CUFSM e o MRD. Para analisar mais precisamente, aplicou-se as dobras para aproximar mais os modelos dos perfis reais, e constatou-se uma redução nas áreas da seção transversal e por consequência uma diminuição das cargas críticas à compressão. Extrapolando os modelos, foram analisados perfis comerciais previstos pela ABNT NBR 6355:2012, sendo perfis U 75x40 e 100x40 e perfis Ue 75x40x15 e 100x40x17, com espessura de 2,0, 2,25 e 2,65 mm. Os resultados obtidos através do CUFSM e o MRD, comparando perfis com e sem enrijecedores, mostraram um aumento em torno de 30% da resistência à compressão, enquanto que o aumento da área foi de 15%. O aumento de área é diretamente proporcional ao consumo de aço, porém o ganho de resistência atingiu o dobro, o que indica os perfis com enrijecedores como uma melhor opção. Porém, é importante ressaltar com a presença dos enrijecedores dificulta a fabricação das treliças. De acordo com o estudo, conclui-se que os perfis com enrijecedores são mais eficientes em sua aplicação, porém tais perfis dificultam a fabricação dos pilares treliçados.

---

## AVALIAÇÃO DO LÍQUIDO RESIDUAL DA VINHAÇA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SUBSTITUIÇÃO À ÁGUA EM MATRIZ CIMENTÍCIA

RAYSSA SILVA MENEZES  
FABIO FRIOL GUEDES DE PAIVA  
VICTOR NEHRING  
JACQUELINE ROBERTA TAMASHIRO BERGUERAND XAVIER  
LUCAS HENRIQUE PEREIRA SILVA  
ANGELA MITIE OTTA KINOSHITA  
HAMILTON MITSUGU ISHIKI

A sacarose é um conhecido aditivo de matrizes cimentícias utilizado para retardo do tempo de pega, com características similares aos plastificantes comerciais. Trabalhos indicam também que, em pequenas proporções, proporciona um aumento à resistência mecânica. Uma das fontes de sacarose pouco estudada para tal aplicação é a vinhaça da cana de açúcar. A vinhaça descartada do processo de destilação do álcool é um dos resíduos de maior volume da indústria sucroalcooleira, tendo como destinação a fertirrigação de solos. Neste contexto, buscando novas alternativas para uso da vinhaça de cana-de-açúcar e reduzir o consumo de água na construção civil, foram desenvolvidas argamassas com 25% e 100% de substituição da água potável por vinhaça de cana-de-açúcar, comparando com a argamassa controle e avaliando o efeito da vinhaça na propriedade mecânica dos compósitos. A vinhaça foi caracterizada pela análise de teor de sacarose por método de Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Solúveis Totais (AST), e as argamassas foram caracterizadas pelo ensaio de compressão mecânica, em quintuplicata, em moldes cilíndricos (100x50mm), conforme a NM 7215. Na vinhaça foi encontrada 0,6% de sacarose, que corresponde a 0,051% em relação à quantidade de cimento com 25% de substituição e 0,20% com 100% de substituição. O ensaio de compressão mecânica da argamassa controle e com substituição de 25% e 100% rompidas a 28 dias obtiveram  $14,85 \pm 0,50$  MPa,  $17,21 \pm 0,57$  MPa e  $7,56 \pm 0,62$  MPa, respectivamente. A análise estatística dos resultados executada pelo teste ANOVA um critério, seguido do teste Tukey mostrou que as médias dos grupos são estatisticamente diferentes entre si, em todas comparações ( $p < 0.05$ ). Estes resultados são condizentes com a literatura que identifica como quantidade ideal de sacarose entre 0,04% e 0,06% da massa do cimento. A substituição de 25% água por vinhaça resultou em um aumento de 17% na resistência à compressão mecânica em relação a formulação tradicional. Por outro lado, a substituição total da água por vinhaça, resultou na redução desta resistência. Faz-se necessário estudos mais aprofundados para avaliar se esse aumento é gradual em concentrações intermediárias do líquido realizadas no estudo. Órgão de fomento financiador da pesquisa: Associação Prudentina de Educação e Cultura (APEC) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

---

COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS: CONVENCIONAL E MISTO DE PAREDE DE CONCRETO  
COM STEEL FRAME

EDUARDO ANTONIO COSTA GUIMARAES  
LEONARDO ALBUQUERQUE PERCILIANO  
BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA

No que se refere a mudanças nos sistemas construtivos, apesar de mundialmente existirem inúmeros métodos, vê-se no Brasil uma consolidação do método tradicional: alvenaria convencional. Isso ocorre devido à maior demanda de profissionais que trabalham com esse sistema por ele ser de fácil execução - teoricamente. Os sistemas construtivos industrializados necessitam de mão de obra qualificada, porém se apresentam mais ágeis e geram menor desperdício de materiais. Portanto, a ideia do projeto é apresentar as vantagens de cada método com o intuito de auxiliar na escolha do sistema construtivo. O objetivo é realizar uma análise comparativa em uma residência unifamiliar, onde são apresentadas as vantagens do método alvenaria convencional e as vantagens do sistema construtivo misto - parede de concreto e "steel frame". Tendo como objetivo específico a comparação do custo associado a cada método. Foi utilizada a metodologia quali-quantitativa, adotando diferentes métodos para análise do objeto de estudo por meio da comparação dos dados obtidos; com intuito descritivo e exploratório. A análise foi realizada com o auxílio de um software BIM; uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção - dessa forma foi possível gerar orçamento e perspectiva de tempo de execução para cada sistema construtivo. As composições de preços dos serviços no sistema construtivo convencional foram somadas, se obteve a estimativa de preço de R\$ 54.539,91 para a construção da estrutura em concreto armado e da alvenaria de vedação, já no sistema misto, o valor é estimado em R\$ 140.076,30. Já, em relação a diferença no tempo, o sistema convencional seria construído em 56 dias e o misto em 21 dias. A vantagem do sistema misto é o seu tempo para execução. Deve-se levar em consideração que o seu sistema pode ser reaproveitado, já que as formas são montadas por módulos, encaixados e escorados, e após a concretagem e o tempo de cura específico da estrutura pode ser retirado, limpo e reaproveitado cerca de 150 vezes. Traz um alto investimento inicial, porém é compensado pela maior produtividade e redução nos custos de mão de obra - um atrativo para construtoras que visam replicar o mesmo padrão de imóvel em suas obras. Conclui-se que a implantação do sistema misto na região do oeste paulista não é vantajosa quando considerado apenas um imóvel, pois o sistema é indicado quando se replica o padrão da estrutura centenas de vezes.

---

COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: ESTACA PRÉ-MOLDADA DE  
CONCRETO E TUBULÃO À CÉU ABERTO

RENAN AUGUSTO PERINI  
VICTOR HAUSER KITAYAMA  
LEANDRO GOMES FERREIRA  
BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA

Quando se fala de estruturas de fundações, para se obter um desempenho satisfatório, é necessário fazer uma análise econômica e técnica das opções encontradas, levando em consideração fatores como características geotécnicas do solo, o detalhamento do projeto executivo e a existência de mão-de-obra especializada - entre outras diversas variáveis. O projeto apresenta a comparação entre duas fundações profundas, estaca pré-moldada de concreto e tubulão a céu aberto, em relação aos seus critérios técnicos e econômicos com o intuito de demonstrar as vantagens de cada sistema. O objetivo foi dimensionar essas fundações e comparar o custo da implantação de cada uma, considerando uma edificação de oito pavimentos na cidade de Adamantina, SP. Para a pesquisa foi utilizada uma metodologia descritiva com a finalidade de analisar os dados de uma edificação residencial de oito pavimentos e dimensionar as suas fundações, considerando um perfil geotécnico da cidade de Adamantina, SP. Para o dimensionamento, foram utilizadas soluções com base no Nspt do solo e as relações geométricas para as dimensões do tubulão e bloco. Posteriormente, analisou-se a viabilidade técnica da implantação de ambas as fundações e o seu custo - com base na SINAPI. Ambas fundações atenderam aos critérios técnicos necessários para a implantação de fundações profundas a partir das recomendações exigidas em norma. A interação do tubulão pela sua base atingiu a tensão admissível do solo e as estacas pré-moldadas alcançaram uma carga admissível próxima a carga de catálogo - gerando um melhor aproveitamento destas estacas. Em relação ao custo, o tubulão a céu aberto teve um custo de R\$ 24.515,28 e a estaca pré-moldada de concreto teve um custo de R\$ 23.200,32. Obtido os resultados do estudo feito, as estacas pré-moldadas de concreto são consideradas mais vantajosas pelo menor custo e pela menor quantidade de serviços realizados, otimizando o tempo de execução das fundações. Conclui-se que a execução das fundações utilizando estaca pré-moldada de concreto foi a opção econômica mais viável. Comparando as opções, em relação aos custos, as estacas se mostraram ligeiramente mais econômicas que os tubulões, tendo uma economia de aproximadamente 5%.

---

COMPORTAMENTO DAS FUNDAÇÕES E SUAS PATOLOGIAS DO ESTÁDIO CÍCERO POMPEU DE  
TOLEDO - SÃO PAULO/SP

VINICIUS DE SANTI PHELIPPE NUNES  
BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA

São vários os danos causados pelas patologias das fundações, que comprometem a edificação em sua funcionalidade, estabilidade, durabilidade e estética. Normalmente ocasionam trincas, fissuras, desalinhamento ou desaprumo na edificação. Todavia, algumas podem gerar danos irreparáveis, causando graves desastres que poderiam ser evitados com a utilização dos procedimentos corretos antes de se iniciar a obra, durante e depois da execução. Com o intuito de relatar o funcionamento da fundação e descrever os possíveis danos que podem atingir essa parte estrutural é apresentado o estudo de caso do estádio Cícero Pompeu de Toledo em São Paulo. O objetivo é aprofundar o conhecimento sobre o comportamento das fundações para melhor analisá-las, produzindo assim uma discussão sobre o seu funcionamento e seus impactos estruturais. Especificamente são analisadas as patologias nas fundações do estádio - que chega a receber 70 mil pessoas em suas arquibancadas. Para ilustrar a pesquisa sobre patologias em estruturas de fundações, foi usada a metodologia qualitativa que apresenta o estudo de caso do estádio Cícero Pompeu de Toledo - mais conhecido como estádio do Morumbi. Em meados da década de 1990, durante uma partida, as arquibancadas apresentaram níveis elevados de vibração e, por conta disso, foram iniciadas investigações em suas estruturas. Descobriu-se fissuras em regiões importantes da maioria dos setenta e dois blocos de fundação do estádio. Somados aos problemas de corrosão das armaduras das arquibancadas e infiltração de água pelas juntas de movimentação delas, o Morumbi foi interditado, pois apresentava risco de desabamento parcial da arquibancada. Tais falhas, são associadas a duas condições: cálculo inadequado (não considerando as vibrações geradas no uso dessas estruturas) e má concretagem. Sendo enquadradas, respectivamente, em patologia de projeto e de execução. Patologias mais comuns dentro da área de engenharia, quando a estrutura apresenta as duas ao mesmo tempo, a consequência é a ruína desse elemento. Identificado o problema, o cuidado no desenvolvimento e detalhamento da obra, a escolha das melhores soluções e uma correta fiscalização durante os serviços de reparo e reforço das estruturas do Morumbi, proporcionaram uma ação de qualidade, garantindo a durabilidade e o desempenho das medidas de adotadas na estrutura. As fundações do estádio permanecem sem problemas, após quase 25 anos de sua recuperação.

---

ESTUDO DE CASO: REFORÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO AUMENTO DE CARGA  
NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP

THAIS SILVA NASCIMENTO  
RITERSON JACQUES NUNES

Devido à atual situação onde há uma crescente demanda no setor da construção civil, observa-se que por decorrência de falhas de projeto, má execução, má qualidade de materiais empregados ou mau emprego dos mesmos, sinistros e causas fortuitas (incêndios, inundações, acidentes, etc.), uso inadequado da estrutura ou até mesmo a falta de manutenção, a vida útil de algumas estruturas acaba por ser inferior ao esperado. O trabalho em questão apresenta um estudo de caso de reforço em vigas de concreto armado, comentando sobre as motivações que levaram à necessidade do reforço estrutural, e discutindo sobre a escolha da técnica comparada com os demais métodos de reforço de vigas. Este estudo foi produzido por meio da realização de revisão bibliográfica e da investigação empírica onde, realizou-se uma visita à obra com acompanhamento do engenheiro responsável. As informações adquiridas foram aplicadas no processo de hierarquia analítica, baseada em critérios qualitativos e quantitativos. A técnica escolhida pela empresa foi a adição de chapas metálicas, cujas características são de não proporcionar alterações significativas nas dimensões da viga, possuir um custo razoável e oferecer um bom ganho de resistência. As principais informações obtidas foram a partir do dimensionamento para a definição final de como seria aplicado este reforço. Havia outras possibilidades para realizar o reforço, por exemplo com o aumento da seção da viga, normalmente aplicando novas camadas de concreto armado e ancorando devidamente a nova armadura. Porém diminuiria a altura livre do espaço e como o local abaixo das vigas tratava-se de um estacionamento, e já se encontrava na altura mínima permitida para a passagem dos veículos, a opção foi descartada. Já a aplicação de fibra de carbono, seria viável no sentido de não aumentar significativamente a seção da viga, mas, como este material possui um custo elevado e demanda uma mão de obra especializada, tornou-se inviável. Analisando os métodos estudados, as possibilidades de aplicação, suas vantagens e desvantagens, constatou-se que o método adotado atendeu o caso apresentado. Pois a aplicação das chapas metálicas se mostrou uma técnica de rápida execução, eficiente no ganho de resistência e vantajosa no custo benefício.

---

## ESTUDO E PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS SUSCETÍVEIS EM UM PROJETO DE CONTENÇÃO

GABRIEL PENHA SANTOS  
BEATRIZ DAL POZ JORDAO  
MARIANE VICENTIN COSTA  
BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA

As estruturas de contenção de maciços de solo desempenham o papel de prover estabilidade a cortes e aterros. Usualmente encontradas em edifícios urbanos para divisão de níveis e criação de subsolo de estacionamentos, a NBR-11682 (2009), define-as como elementos destinados a contrapor-se aos esforços estáticos provenientes do terreno e de sobrecargas acidentais e/ou permanentes, como por exemplo, os empuxos laterais de terra ou de água. As motivações para o desenvolvimento do estudo alcançam além da segurança durante a execução, é possível o monitoramento da estrutura para evitar abalos que não foram previstos, potenciais patologias e colapsos. O objetivo do trabalho é apresentar os pontos onde há maior susceptibilidade para o aparecimento de patologias em muros de contenção com o intuito de evitar o aparecimento destas na estrutura, adequando-a em termos de segurança e durabilidade. A pesquisa toma como objeto de referência um muro de contenção situado na cidade de Rinópolis - SP, de modo a se discutir e apresentar os pontos vulneráveis no projeto de contenção com base neste caso. São utilizados os critérios de ruptura Mohr-Coulomb e a Teoria de Rankine para cálculo dos empuxos. No muro de contenção, usado como estudo de caso deste trabalho, nota-se degradação e desagregação do concreto estrutural e movimentação da alvenaria de vedação, entre outras patologias. As duas citadas ocorrem por diferentes fatores, mas o que têm em comum é a sua relação com a água no solo. O muro foi executado sem a consideração de uma drenagem na face interna que está diretamente ligada ao maciço assim, a água acumulada gera pressões extras não consideradas em cálculo - tendo como consequência uma aumento de esforços na estrutura de concreto provocando as patologias encontradas. A percolação da água também ocasiona a movimentação do solo na base de apoio da contenção, gerando assim problemas de recalque da estrutura - pois há perda de atrito entre o maciço e a sua fundação. Conclui-se que é necessário sempre prever a saturação do solo para a ideal projeção do comportamento da estrutura de arrimo. Assim, empuxos da água ou perda da resistência ao cisalhamento do solo podem ser evitadas quando se é adotado um ideal sistema de drenagem. Este pode ser executado de uma maneira simples, utilizando manta geotêxtil, geodreno e areia.

---

## PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES EM SOLOS COLAPSÍVEIS

JONATHAN WILLIAN FERREIRA  
NATHALIA CASSIANO DE OLIVEIRA  
TAYNA SANTANA GONCALVES  
BEATRIZ DE MELLO MASSIMINO ROTTA

Os solos colapsíveis são solos que aparentemente indicam rigidez, mas ao serem umedecidos ou inundados perdem sua resistência. Estes são solos não saturados de estrutura porosa e instável que, ao ser saturado, verifica-se uma variação do índice de vazios - acompanhado de um colapso brusco do maciço. Com a acomodação das partículas o solo sofre recalque, fato comum para todos solos que passam por adensamento, no entanto, nessas condições é chamado de recalque de colapso. O mecanismo do colapso é diferente do processo clássico de adensamento, pois esse ocorre de maneira súbita e o adensamento é progressivo. Quando as fundações são apoiadas nestes solos, há o risco de elas entrarem em recalque de colapso - um movimento brusco que levaria à ruína da estrutura. Assim, a escolha do tema se justifica na análise da interação desse solo com diferentes tipos de fundações. O objetivo é analisar as patologias geradas em fundações apoiadas em solos colapsíveis, exemplificando o conteúdo por meio de diferentes casos reais, além de demonstrar como se evitar esse tipo de solo. A pesquisa tem caráter exploratório, envolvendo pesquisas bibliográficas e estudos de caso. Deste modo, a abordagem da pesquisa é quantitativa, utilizando pesquisas, informações e estatísticas para apresentar os dados sobre o solo e as consequências sobre as fundações apoiadas nele. Foram estudados três casos de fundações em solos colapsíveis: em sapata, tubulão e estaca. No primeiro caso, onde a sapata estava apoiada em solo colapsível, foi verificada a incidência desse tipo de material até três metros de profundidade. Já no estudo de tubulões e estacas, a execução dessas fundações ocorreu em camada extensa de solo colapsível, tendo estas fundações interação lateral e de base com o solo. Para a aplicação de sapatas se fez necessária a compactação de 3 metros de solo, assim o solo adquiriu resistência mecânica ao cisalhamento - impedindo seu colapso. Já os tubulões interagem bem com o solo colapsível devido ao seu maior volume em relação as outras fundações. As estacas foram as que apresentaram um pior comportamento em relação aos solos colapsíveis. Conclui-se que a interação da fundação com esse solo deve acontecer de forma que as tensões distribuídas pela estrutura no solo alcancem valores reduzidos em relação as interações com outros tipos de solo, fazendo com que as fundações profundas diretas (tubulões) sejam as mais recomendadas para estas situações.

---

## REAPROVEITAMENTO DE AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

MARIANA DOS SANTOS SILVA  
FABIO FRIOL GUEDES DE PAIVA  
RAYSSA SILVA MENEZES  
JACQUELINE ROBERTA TAMASHIRO BERGUERAND XAVIER  
LUCAS HENRIQUE PEREIRA SILVA  
ANGELA MITIE OTTA KINOSHITA  
HAMILTON MITSUGU ISHIKI

O consumo excessivo de recursos naturais intensificou a busca por novos materiais alternativos, reduzindo a carga ambiental dos materiais naturais comumente utilizados na construção civil. Nesse contexto, a areia descartada de fundição (ADF) é um dos resíduos industriais que gera milhões de toneladas e que são descartados em aterros sanitários industriais. Com isso, foi desenvolvida argamassas com 25% e 50% de substituição de areia natural por ADF com resina fenólica, comparando com a argamassa controle. A ADF foi caracterizada por análise granulométrica e fluorescência de raios X. As argamassas foram caracterizadas por mesa de consistência e compressão mecânica, em corpos de prova cilíndricos (100x50mm), conforme a NM 7215. Na análise granulométrica foi constatada que a ADF possui característica de partículas finas, com retenção de 62,6% na peneira de abertura 0,30 mm e 32,4% na de abertura 0,15 mm. A fluorescência de raios X mostrou alta concentração de SiO<sub>2</sub> (98,587%) na ADF com resina fenólica, superior à encontrada na areia natural (91,462%). A fluidez dos compósitos cimentícios através da mesa de consistência foi avaliada para os corpos de prova de argamassa controle, 25% e 50% de substituição de areia natural por ADF, obtendo 22 cm, 22 cm e 20 cm, respectivamente. O ensaio de compressão mecânica da argamassa controle, e com substituição de 25% e 50% obtiveram 12,28 MPa, 15,65 MPa e 16,16 MPa, respectivamente, com um aumento de até 31% em relação ao controle. Mesmo com a adição de até 50% de ADF, e com maior composição de partículas finas, resultou em apenas 10% de redução na trabalhabilidade, porém com aumento acentuado na compressão mecânica. Estes resultados demonstram o alto potencial da ADF com resina fenólica para aplicação em argamassas, possibilitando que novos estudos sejam realizados a fim de investigar maiores teores de substituição e determinar a quantidade ideal. Órgão de fomento financiador da pesquisa: Associação Prudentina de Educação e Cultura (APEC) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

**RELATOS DE EXPERIÊNCIA**

O ENSINO DA ESTRUTURA ATRAVÉS DE MODELOS E MAQUETES .....308

---

**O ENSINO DA ESTRUTURA ATRAVÉS DE MODELOS E MAQUETES**

BRUNA BESSA ROCHA YANO  
BRUNO CESAR DE CASTRO CARDOSO  
FELIPE FERNANDO DA COSTA BRANQUINHO  
JULIANA BARRETO DA SILVA  
JÉSSICA CRISTINA LYRIO MASSON  
WALTER HENRIQUE DO NASCIMENTO  
BEATRIZ MORENO JUSTINO  
MARIA EDUARDA DE SOUZA  
LUIS FERNANDO SIMOES BRASILIANO DOS SANTOS  
ANA ELISA SAYURI KOBATA  
TIAGO BONFIM DIAS  
JOAO MARCOS LOURENCO BULZAN

O ensino de estruturas na universidade atualmente, seja no curso de Arquitetura como de Engenharia Civil, é baseado em aulas teóricas e expositivas, dificultando assim a compreensão do aluno sobre a inter-relação da teoria com a prática. Deste modo este projeto de extensão visa criar um vínculo entre concepção e a materialização da estrutura. Desenvolver conhecimento sobre sistemas estruturais por meio de apresentações ilustrativas, modelagem parasólidos e modelos físicos. Confeccionar modelos estruturais didáticos em escala reduzida que reproduzam o comportamento de uma estrutura "real", como, pórticos, vigas, pilares, fundações e coberturas, desenvolvidas pelos acadêmicos. Considerando a proposta deste trabalho que é o desenvolvimento de modelo estrutural a partir de maquetes, a geração de alternativas ou tentativas e erro apresentou-se como método pertinente para a elaboração de propostas e observação do processo projetual e favoreceu o diálogo entre os alunos. Órgão de fomento financiador da pesquisa: UNOESTE O projeto foi desenvolvido na Maquetaria do Campus II da Universidade do Oeste Paulista, composto por alunos do curso de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Inicialmente foram trabalhados conceitos inerentes à concepção de estruturas e uma visão geral sobre sistemas estruturais, dando embasamento teórico fundamental à prática desejada. O grupo trabalhou o tema "estrutura de madeira" para a construção do modelo escolhido baseado em um repertório de obras analisadas pelo grupo acompanhados pelos docentes. A partir da determinação da escala, foi possível dividir as partes do modelo em subsistemas para melhor compreensão dos encaixes da estrutura, cotagem e quantificação das peças. A primeira análise do estudo foi a obtenção do perfil topográfico para o corte da peça. A maquete de base topográfica foi executada para a execução da fundação da estrutura. A locação dos tubulões foi realizada delimitando os limites do terreno, cotando os eixos dos mesmos e fixando as formas para posterior concretagem. Na medida que os alunos se dividiam em pequenos grupos o exercício de observação e raciocínio acontecia de forma interativa. A parte prática do processo de execução da maquete resultou em um método de tentativa e erro que geravam discussões acerca do sistema a ser implementado buscando desenvolver soluções viáveis. Este processo se repetiu até o encontro da melhor solução ou até que a observação da necessidade de mudar as metas e restrições, reiniciando todo o processo.